SNI

Standar Nasional Indonesia

SNI 04-7021.5.1-2004

"Hak Cipta Badan Standardisasi Nasional, copy standar ini dibuat untuk penayangan di website Akses SNI dan tidak untuk dikomersilkan"

Peralatan dan sistem telekontrol – Bagian 5: Protokol transmisi – Subbagian 1: Format *frame* transmisi

ICS 33.200

Badan Standardisasi Nasional

“Hak Cipta Badan Standardisasi Nasional, copy standar ini dibuat untuk penayangan di website Akses SNI dan tidak untuk dikomersilkan"

Daftar Isi

Daftar isi i
Prakata ii
1 Ruang lingkup 1
2 Sasaran 1
3 Persyaratan untuk transmisi data dalam sistem telekontrol 1
3.1 Integritas dan konsistensi data yang tinggi 1
3.2 Waktu transfer telekontrol singkat (lihat IEV 371-08-16) 2
3.3 Dukungan transmisi data yang berorientasi bit (transparansi kode) 2
4 Ukuran kuantitas integritas data 2
4.1 Persyaratan kuantitatif untuk integritas data dalam sistem telekontrol 2
5 Ukuran kuantitas efisiensi transmisi 5
6 Spesifikasi protokol transmisi 6
6.1 Lapisan *physical* (*Data Circuit Terminating Equipment* (DCE)) 6
6.2 Lapisan *link* 6
6.2.1 Klas layanan *link* yang tersedia 7
6.2.2 Prosedur dialog 8
6.2.3 Sinkronisasi frame standar 8
6.2.4 Format *frame* standar 9
6.2.4.1 Format FT1.1: *frame* dengan jarak Hamming 2 111
6.2.4.2 Format FT1.2: *frame* dengan jarak Hamming 4 111
6.2.4.2.1 Format FT1.2 dengan jumlah data pengguna yang tetap 122
6.2.4.2.2 Format FT1.2 dengan jumlah data pengguna yang berubah-ubah 133
6.2.4.2.3 Format *frame* dari karakter kendali tunggal 144
6.2.4.3 FT2 format: *frame* dengan jarak Hamming 4 144
6.2.4.3.1 *Frame* FT2 dengan panjang tetap 155
6.2.4.3.2 *Frame* FT2 dengan panjang berubah-ubah 166
6.2.4.4 Format FT3: *frame* dengan jarak Hamming 6 166
6.2.4.4.1 *Frame* dengan panjang tetap 177
6.2.4.4.2 *Frame* dengan panjang berubah-ubah 188
6.2.5 Sinkronisasi saluran transmisi dengan *switched carrier frequency* 188
6.2.6 Bidang aplikasi utama dari format klas yang telah didefinisikan 1919
6.2.7 Penggunaan protokol *High Level Data Link Control* (HDLC) 19
Lampiran A 200
Lampiran B 244

"Hak Cipta Badan Standardisasi Nasional, copy standar ini dibuat untuk penayangan di website Akses SNI dan tidak untuk dikomersilkan"

Prakata

Standar Nasional Indonesia Peralatan dan sistem telekontrol – Bagian 5: Protokol transmisi – Subbagian 1: Format *frame* transmisi ini merupakan adopsi dari standar IEC seri 60870-5:1990 *Telecontrol equipment and systems. Part 5: Transmission protocols* dengan melakukan beberapa perubahan yang disesuaikan dengan kondisi dan kebutuhan di Indonesia.

Standar ini dirumuskan oleh Panitia Teknis 57E Sistem Kendali Jauh, yang para anggotanya mewakili pengguna, pabrikan, instansi pemerintah dan pakar-pakar yang berkepentingan.
Standar ini telah dibahas dalam rapat-rapat teknis, prakonsensus dan dikonsensuskan di Jakarta pada tanggal 5 Nopember 2002 di Jakarta.

Istilah yang digunakan dalam standar ini adalah sebagai berikut:

- umumnya menggunakan bahasa Indonesia ataupun padanannya seperti derau untuk *noise*, julat untuk *range*, dsb.;
- istilah asing yang sudah umum, tetap dalam bahasa aslinya seperti *power line carrier* (PLC), *event logging*, dsb.;
- istilah asing yang di-Indonesia-kan tetapi belum umum, dituliskan dalam bahasa Indonesia dengan tambahan istilah aslinya dalam tanda kurung seperti waktu nyata (*real time*), dsb.

Standar ini dapat menjadi acuan dalam pengembangan dan aplikasi telekontrol di Indonesia.

"Hak Cipta Badan Standardisasi Nasional, copy standar ini dibuat untuk penayangan di website Akses SNI dan tidak untuk dikomersilkan"

Peralatan dan sistem telekontrol
Bagian 5: Protokol transmisi –
Subbagian 1: Format *frame* transmisi

1 Ruang lingkup

Seri standar ini diaplikasikan pada peralatan dan sistem telekontrol dengan transmisi data bit secara serial yang dikodekan untuk pemantauan dan pengendalian proses-proses yang tersebar secara geografis. Standar ini mencakup transmisi data asinkron dengan protokol *link half duplex* dan *duplex* yang beroperasi dengan *window* berukuran satu untuk transfer *message*.

2 Sasaran

Bagian ini menspesifikasikan persyaratan dasar untuk layanan yang akan diberikan oleh lapisan *link* dan *physical*, untuk aplikasi telekontrol. Secara khusus, hal ini menspesifikasikan standar pengkodean, pembuatan format dan sinkronisasi panjang *frame* data yang variabel dan tetap, yang memenuhi persyaratan integritas data yang dispesifikasikan.

Kode blok yang dispesifikasikan cocok untuk transmisi *frame* bit serial yang melalui saluran transmisi simetris biner, dengan menggunakan metode pengkodean bit tanpa memori (*memoryless*). Hal ini berarti bahwa spesifikasi sinyal dari setiap bit yang ditransmisikan tidak boleh tergantung pada sinyal yang ditransmisikan sebelum bit tersebut.

CATATAN Rekomendasi untuk layanan transmisi data selain menggunakan metode pengkodean bit tanpa memori (sebagai contoh *digital pulse duration modulation* (DPDM), HDLC, dll.) dan protokol *duplex link* dengan ukuran *window* lebih besar daripada satu sedang dalam pembahasan.

3 Persyaratan untuk transmisi data dalam sistem telekontrol

Berdasarkan pada tujuan dasar sistem telekontrol dan untuk kondisi lingkungan khusus, transmisi data perlu memenuhi persyaratan sebagai berikut:

3.1 Integritas dan konsistensi data yang tinggi

Transmisi data yang benar dibutuhkan dalam suatu kondisi lingkungan yang buruk, seperti adanya interferensi elektromagnetik, perbedaan potensial bumi, komponen tua dan sumber gangguan lainnya, dan masuknya *noise* sesaat pada jalur transmisi. Pada kondisi ini perlu diberikan proteksi yang efisien untuk *message* terhadap:

- *error* bit yang tidak terdeteksi;
- *error frame* yang tidak terdeteksi, yang disebabkan oleh *error* sinkronisasi;
- kehilangan informasi yang tidak terdeteksi;
- penguatan informasi yang tidak diharapkan (contoh: simulasi *message* oleh *noise*);
- pemisahan atau gangguan informasi koheren.

"Hak Cipta Badan Standardisasi Nasional, copy standar ini dibuat untuk penayangan di website Akses SNI dan tidak untuk dikomersilkan"

3.2 Waktu transfer telekontrol singkat (lihat IEV 371-08-16)

Ketentuan waktu transmisi informasi singkat dengan menggunakan protokol transmisi *frame* yang efisien, khususnya untuk *message* yang dipicu oleh *event* yang melalui saluran transmisi dengan lebar pita dan karakteristik *noise* yang tidak pasti.

3.3 Dukungan transmisi data yang berorientasi bit (transparansi kode)

Tidak diperlukan pembatasan kode pada data pengguna. Protokol *link* data menerima dan mentransmisikan struktur runtunan bit sembarang dari sumber data.

4 Ukuran kuantitas integritas data

Spesifikasi kuantitatif integritas data dalam sistem transportasi informasi diperoleh dengan menghitung kontribusi dari komplemen integritas data, yaitu data non integritas. Pada dasarnya ada dua buah sumber yang menyebabkan data non integritas di suatu stasiun penerima, yaitu:

(i) nilai *error* yang tersisa (lihat IEV 371-08-05) =

$$\frac{\text{jumlah } \textit{message} \text{ salah yang tidak terdeteksi}}{\text{jumlah } \textit{message} \text{ yang dikirim}}$$

(ii) nilai kehilangan informasi yang tersisa (lihat IEV 371-08-09) =

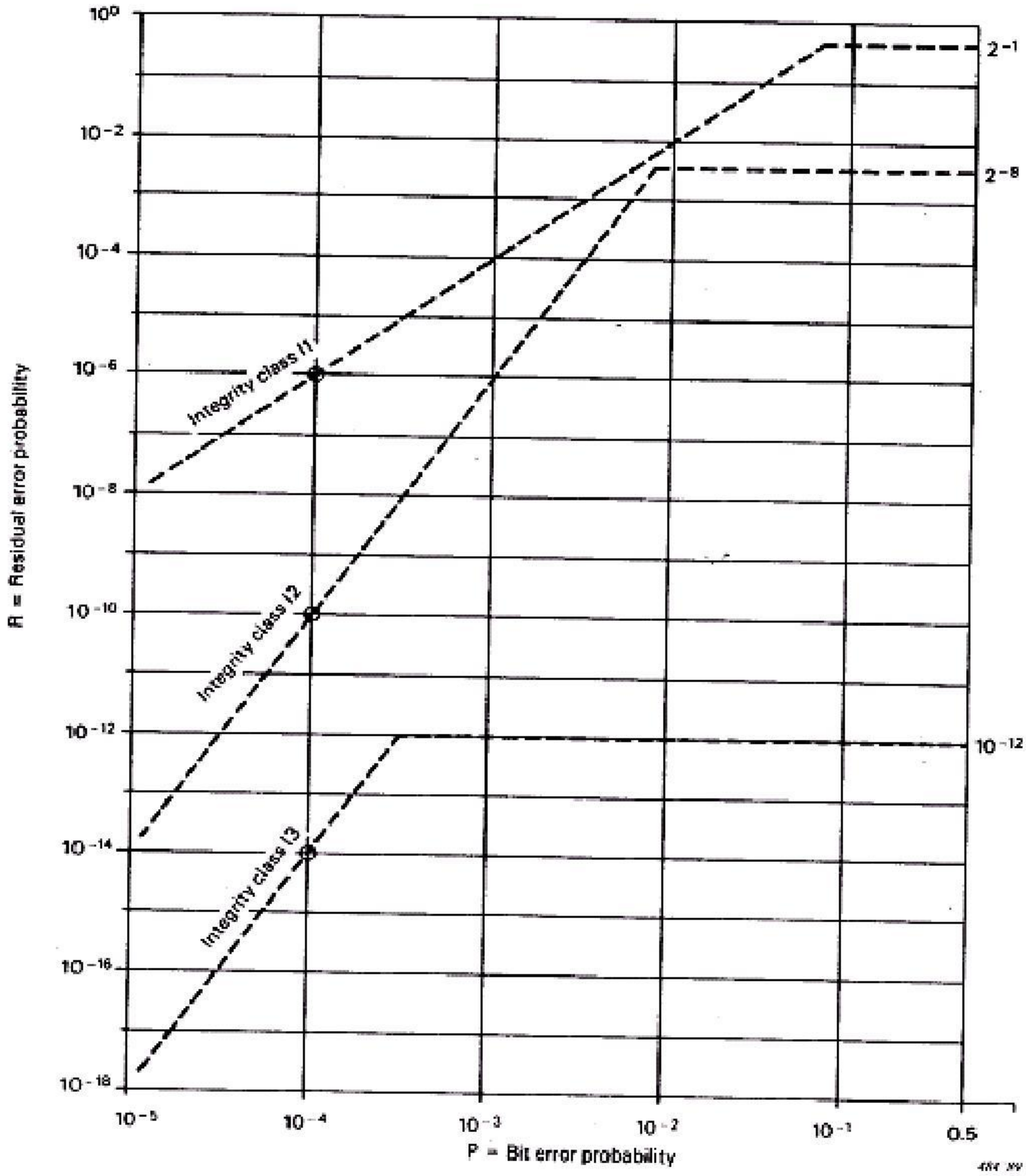
$$\frac{\text{jumlah } \textit{message} \text{ hilang yang tidak terdeteksi}}{\text{jumlah } \textit{message} \text{ yang dikirim}}$$

Ditekankan bahwa hanya nilai rasio *error* atau kehilangan yang tidak terdeteksi saja yang memberikan kontribusi terhadap transmisi informasi non integritas. *Error* dan kehilangan yang terdeteksi akan ditangani dengan strategi yang telah didefinisikan sebelumnya, seperti transmisi ulang secara otomatis atau pelaporan ke pengguna. Kedua strategi tersebut dapat mempengaruhi ketersediaan sistem sebagai satu kesatuan, tetapi dengan melaporkan *error* tersebut, fungsi protokol transmisi data telah terpenuhi.

4.1 Persyaratan kuantitatif untuk integritas data dalam sistem telekontrol

Tiga klas integritas data I1, I2 dan I3 telah ditetapkan untuk transmisi data telekontrol. Penggunaan setiap klas tergantung pada sifat data. Gambar 1 memperlihatkan representasi grafis dari batas atas nilai *error* tersisa R yang bergantung pada nilai *error* bit (lihat IEV 371-08-01) untuk ketiga klas tersebut. Grafik berakhir pada nilai *error* bit p = 0.5, yaitu pada kasus penerimaan bit sembarang, dimana tidak ada sinyal dan hanya *noise* saja yang diterima. Kemiringan kurva untuk $p < 10^{-4}$ merepresentasikan jarak Hamming d dari metode pengkodean yang diaplikasikan. Hasil ini berasal dari penggunaan skala logaritmik ganda pada gambar 1, dan fakta bahwa pola *error* bit dengan d bit yang diinversikan melengkapi konstribusi yang dominan terhadap *error* tersisa untuk $p < 10^{-4}$.

"Hak Cipta Badan Standardisasi Nasional, copy standar ini dibuat untuk penayangan di website Akses SNI dan tidak untuk dikomersilkan"



Gambar 1 Klas integritas data

"Hak Cipta Badan Standardisasi Nasional, copy standar ini dibuat untuk penayangan di website Akses SNI dan tidak untuk dikomersilkan"

Kualitas saluran transmisi harus disupervisi secara terus-menerus. Kemungkinan *error* bit rata-rata harus lebih kecil dari 10^{-4} untuk memperoleh keseluruhan nilai integritas data dan keseluruhan waktu transfer informasi yang dibutuhkan.

Jarak Hamming minimum 2 diperlukan dalam klas integritas data terendah I1, sedangkan klas I2 dan I3 memerlukan kode dengan jarak Hamming minimum 4. Sebagai tambahan, terdapat persyaratan bahwa dalam klas I3 nilai *error* tersisa tidak boleh melebihi $R = 10^{-12}$ untuk setiap nilai *error* bit. Sebagai ilustrasi akan pentingnya ketiga klas integritas data tersebut, kita asumsikan sebuah saluran telekontrol dengan *white noise* yang menyebabkan nilai *error* bit $p = 10^{-4}$, yang menspesifikasikan kualitas rendah, tetapi bukan merupakan kualitas transmisi yang terburuk.

Sebuah sistem yang secara permanen mentransmisikan blok *message* 100 bit pada kecepatan 1.200 bit/s melalui saluran ini menyebabkan probabilitas *error message* tersisa (R) dan waktu rata-rata yang diharapkan (T) antara *message* dengan *error* yang tidak terdeteksi, seperti yang diperlihatkan pada tabel di bawah.

Hubungan antara probabilitas *error* tersisa R dan waktu rata-rata yang diharapkan antara transfer *error message* yang tidak terdeteksi T dinyatakan dengan persamaan:

$$T = \frac{n}{v \cdot R} \quad (s)$$

dengan pengertian:

n adalah panjang *message* (dalam bit)
v adalah kecepatan transmisi (dalam bit/s)

Gambar integritas untuk: n = 100 bit *frame* pada v = 1200 bit/s dan $p = 10^{-4}$			
Klas integritas data	**Nilai *error* tersisa R**	**Waktu rata-rata antara *error* tak terdeteksi T**	**Aplikasi khas**
I1	10^{-6}	1 hari	Sistem *update* siklik; *telemetering*
I2	10^{-10}	26 tahun	Transmisi yang diinisiasi kejadian; *teleindication*; *telecounting*
I3	10^{-14}	260.000 tahun	Transmisi informasi kritis; *telecommand*

"Hak Cipta Badan Standardisasi Nasional, copy standar ini dibuat untuk penayangan di website Akses SNI dan tidak untuk dikomersilkan"

5 Ukuran kuantitas efisiensi transmisi

Efisiensi transfer informasi adalah rasio dari isi informasi sebuah *message* yang dikirim dari sebuah sumber data dan diterima sebagai valid oleh sebuah *data sink* terhadap jumlah bit yang digunakan untuk transfer *message* (lihat IEV 371-08-12). Hal ini berarti bahwa efisiensi transmisi sebuah *frame* individual adalah rasio dari bit informasi yang ditransfer secara benar k terhadap jumlah total bit per *frame* n.

EFISIENSI TRANSMISI FRAME =

$$k \cdot q^n / n$$

dengan pengertian:

k adalah jumlah bit informasi per *frame*
q adalah probabilitas penerimaan bit yang benar
n adalah jumlah bit per *frame* termasuk pembatas *frame* dan *bit check error*

q berhubungan pula dengan nilai *error* bit p = (jumlah bit yang telah diinversikan yang diterima) / (jumlah bit yang dikirim) dengan persamaan:

$$q = 1 - p$$

dalam kasus sebuah transmisi yang melalui sebuah saluran simetris biner tanpa supervisi kualitas sinyal.

Apabila supervisi kualitas sinyal digunakan (“saluran penghapusan simetris biner”), maka nilai penerimaan bit berkurang menjadi:

$$q = 1 - p - r$$

dengan pengertian:

r menspesifikasikan nilai penerimaan bit dengan kualitas sinyal yang tidak cukup (“nilai penghapusan bit”, lihat Lampiran A).

Kecepatan transfer informasi didefinisikan sebagai jumlah rata-rata bit informasi per detik yang dikirim dari sebuah sumber data dan diterima sebagai valid oleh sebuah *data sink* (lihat IEV 371-08-11):

KECEPATAN TRANSMISI FRAME = (EFISIENSI TRANSMISI FRAME) $\cdot$ v bit/s

dengan pengertian:

v menspesifikasikan kecepatan pensinyalan bit dari jalur transmisi yang dinyatakan dalam bit per detik.

“Hak Cipta Badan Standardisasi Nasional, copy standar ini dibuat untuk penayangan di website Akses SNI dan tidak untuk dikomersilkan"

Perhitungan keseluruhan efisiensi transmisi informasi harus mempertimbangkan *delay* yang disebabkan oleh transmisi *frame polling*, *frame* tanda terima (*acknowledge*) dan interval perjalanan *frame*.

6 Spesifikasi protokol transmisi

Seperti yang dijelaskan dalam publikasi SNI 04-7021.1.1-2004, fungsi sebuah sistem telekontrol dibagi menjadi beberapa lapisan, sesuai dengan Open System Interconnection (OSI) – model referensi dari ISO.

Pasal ini mendefinisikan standar telekontrol dari lapisan *physical* dan format *frame* transmisi standar dari lapisan *link*.

Media transmisi fisik yang membawa data serial bit menghubungkan sarana fisik peralatan dengan sistem telekontrol. Media transmisi ada bermacam-macam: kabel privat atau publik, radio, saluran daya, serat optik, dll. Tindakan pencegahan untuk mengatasi gangguan aliran data direalisasikan dengan menspesifikasikan energi sinyal yang cukup, memberikan lapisan pelindung terhadap interferensi *noise* dan melakukan supervisi terhadap kualitas sinyal.

Parameter sistem untuk berbagai media transmisi fisik dispesifikasikan oleh CCITT.

6.1 Lapisan *physical* (*Data Circuit Terminating Equipment* (DCE))

Line coupler mengubah informasi serial bit dari bentuk yang diperlukan oleh lapisan *link* ke bentuk yang diperlukan oleh jalur transmisi. Dengan demikian *line coupler* memiliki tugas khas sebagai berikut:

- mengubah sinyal;
- memberikan isolasi galvanis antara stasiun dan jalur transmisi;
- memantau kualitas sinyal;
- memberikan sinkronisasi bit;
- menambah dan menghilangkan sinkronisasi *frame* apabila tidak dilakukan oleh *link*;
- mendeteksi status jalur transmisi: sibuk, menganggur dan belum selesai.

CCITT merekomendasikan kumpulan standar, seperti seri V dan seri X untuk rangkaian pengubah (*interchange*) antara *data terminal equipment* (DTE) dan *data circuit terminating equipment* (DCE).

Pada lapisan ini, karakteristik yang terkait dengan integritas data dan efisiensi transmisi adalah: kecepatan sinyal, kekebalan terhadap *noise* dan relasi gabungan dengan mempertimbangkan rasio S/N (*signal to noise*), kemungkinan *error* bit dan kemungkinan penghapusan bit (lihat Lampiran A).

6.2 Lapisan *link*

Lapisan *link* menerima, melakukan dan mengendalikan fungsi layanan transmisi yang diperlukan oleh lapisan yang lebih atas.
Lapisan ini mengendalikan prosedur transmisi *frame* non interupsi tunggal pada suatu waktu. Berhasil atau tidaknya transmisi akan dilaporkan ke lapisan yang lebih atas, demikian pula halnya dengan pengamatan pada status operasi dari jalur transmisi dan RTU.

"Hak Cipta Badan Standardisasi Nasional, copy standar ini dibuat untuk penayangan di website Akses SNI dan tidak untuk dikomersilkan"

Secara khusus, lapisan ini melakukan fungsi sebagai berikut:

- menyediakan akses ke media transmisi;
- serialisasi dan deserialisasi *frame*;
- menambah dan menghilangkan pembatas *frame*, apabila tidak dilakukan oleh *line coupler* ;
- mendeteksi *error* sinkronisasi *frame*;
- mendeteksi *error* ukuran *frame*;
- memonitor distorsi sinyal, apabila tidak dilakukan oleh *line coupler* ;
- mengenali *frame* yang dialamatkan ke RTU yang dituju;
- mencegah RTU untuk melakukan transmisi tanpa henti dalam waktu yang lama;
- melindungi *message* dari kehilangan dan *error* dalam batas integritas data yang telah ditetapkan sebelumnya, dengan pembangkitan dan supervisi kode pendeteksi *error*, mengindikasikan *error* yang terdeteksi dan mengendalikan suatu prosedur pemulihan *error* tertentu;
- melaporkan *error* transmisi permanen;
- melaporkan status konfigurasi *link*;
- menangani *frame* yang panjangnya berbeda secara efisien;

CATATAN *field information* pada *frame* telekontrol, secara khusus, memiliki rentang antara satu hingga beberapa ratus oktet.

- melakukan *switchover* untuk sebuah jalur transmisi yang *redundant*, apabila sesuai;
- mendukung fungsi inisiasi dan pemeliharaan.

6.2.1 Klas layanan *link* yang tersedia

Pada dasarnya, ada tiga klas layanan yang mungkin diperlukan untuk dieksekusi sebagai prosedur yang tidak dapat diinterupsi:

Klas layanan *link*	Fungsi	Penjelasan
S1	SEND/NO REPLY	Mengirim *message*; bukan tanda terima (*acknowledgment*) dan bukan pula jawaban yang diminta dalam lapisan *link*
S2	SEND/CONFIRM	Mengirim *message*; tanda terima (*acknowledgement*) yang diminta dalam lapisan *link*
S3	REQUEST/RESPOND	Mengirim permintaan; sebuah tanggapan yang diminta dalam lapisan *link*; tanggapan mungkin berisi data atau sebuah tanda terima (*acknowledgement*) negatif

Klas layanan S1, SEND/ NO REPLY, diberikan dalam sistem *update* siklik atau dalam sistem transmisi *simplex*, dimana tidak ada saluran balik yang tersedia. *Error frame* yang dideteksi pada penerima menyebabkan kehilangan *message* yang terkait.

Klas layanan S2, SEND/ CONFIRM, mendukung transfer informasi yang diinisiasi oleh kejadian atau transfer informasi spontan. Lapisan *link* dalam stasiun penerima (RTU) memeriksa *message* yang diterima: apabila tidak ada *error* yang terdeteksi dan tersedia *buffer* penerima, maka sebuah tanda terima positif (ACK) akan dikirim balik ke penginisiasi *message*. Apabila *buffer* penerima tidak tersedia, maka sebuah tanda terima negatif (NACK) mungkin akan dikirim balik. Apabila *error frame message* terdeteksi, maka tidak ada jawaban yang akan dibangkitkan dan *message* tersebut akan dibuang.

Lapisan *link* pada stasiun penginisiasi akan menerima permintaan lain pada saat menerima sebuah tanda terima positif. Lapisan *link* akan melaporkan penerimaan tanda terima ke lapisan yang lebih atas. Transmisi *message* akan diulangi, apabila tidak ada tanda terima yang terdeteksi. Penanganan khusus harus dilakukan untuk jenis informasi yang bertambah

"Hak Cipta Badan Standardisasi Nasional, copy standar ini dibuat untuk penayangan di website Akses SNI dan tidak untuk dikomersilkan"

satu-satu, dimana tanda terima yang terganggu tidak boleh menyebabkan keluaran informasi yang berulang pada stasiun penerima (RTU). Kegagalan fungsi jenis ini dapat dihindari dengan menggunakan, sebagai contoh, nomor *frame* runtunan atau dengan menentukan bahwa *buffer* stasiun penerima akan menerima *message* secara benar sampai stasiun tersebut menerima sebuah *frame* yang mengindikasikan bahwa stasiun penginisiasi tidak akan mengulang *frame* yang telah ditransmisikan sebelumnya. Apabila sejumlah transmisi *message* yang berulang belum diberi tanda terima, maka sebuah "*error* transmisi" akan dilaporkan ke lapisan yang lebih atas pada stasiun penginisiasi, dan *message* akan dibuang oleh lapisan *link*.

Klas layanan S3, REQUEST/RESPOND, mendukung operasi "Read". Lapisan *link* pada stasiun penerima (RTU) akan memberikan data yang diminta, apabila tersedia. Apabila tidak, maka lapisan *link* akan menjawab dengan sebuah tanda terima negatif. Tidak ada jawaban yang akan dibangkitkan pada saat pendeteksian *error frame*.

Lapisan *link* pada stasiun penginisiasi akan mengulang transmisi *frame* yang diminta, apabila tidak ada jawaban atau terdeteksinya sebuah jawaban yang terganggu. Apabila sejumlah pengulangan tidak berhasil, maka sebuah "*error* transmisi" akan dilaporkan ke lapisan yang lebih atas. Apabila berhasil, maka jawaban yang diterima akan dikirimkan.

Sesuai dengan konfigurasi *link*, ketiga klas layanan tersebut dapat mengacu pada transmisi informasi antara satu stasiun penginisiasi dan:

- sebuah stasiun tujuan tunggal (alamat tunggal);
- sekumpulan stasiun tujuan (alamat grup);
- seluruh stasiun tujuan lainnya (alamat global).

Ketiga klas layanan mendukung tiga mode penginisiasi transmisi dasar yang dijelaskan dalam SNI 04-7021.1.1-2004, Subpasal 6.3.2.

Mode inisiasi transmisi	Klas layanan
Transmisi siklik	Klas S1 – SEND / NO REPLY
Transmisi yang diinisiasi kejadian (transmisi spontan)	Klas S2 – SEND / CONFIRM
Transmisi sesuai permintaan	Klas S3 – REQUEST / RESPOND

6.2.2 Prosedur dialog

Ragam prosedur dialog yang dapat diaplikasikan banyak tergantung pada kebutuhan pengguna yang spesifik. Standar yang terkait memerlukan standar untuk isi informasi dalam sebuah *frame*, sebagai tambahan terhadap standar-standar untuk pembentukan *frame message*, pengkodean dan sinkronisasi yang didefinisikan pada subpasal berikut. Hal ini diperlukan, khususnya untuk menspesifikasikan *field information* standar untuk kendali lalu-lintas data (*field control*) dan identifikasi stasiun (*field address*) dalam sebuah *frame*. Aturan berikut menjelaskan pendekatan umum untuk menetapkan standar dalam bidang ini:

- panjang *field information* beragam, dengan kelipatan oktet

Definisi *field* secara detail akan dispesifikasikan dalam SNI 04-7021.5.2-2004.

6.2.3 Sinkronisasi *frame* standar

Metode sinkronisasi *frame* yang memenuhi kondisi klas-klas integritas data yang telah dispesifikasikan tergantung pada mode transmisi (operasi sinkron dan asinkron) dan pada kode saluran (metode pensinyalan bit) yang digunakan dalam sirkuit data.

"Hak Cipta Badan Standardisasi Nasional, copy standar ini dibuat untuk penayangan di website Akses SNI dan tidak untuk dikomersilkan"

Standar yang didefinisikan untuk sinkronisasi *frame* dapat diaplikasikan untuk transmisi *frame* asinkron melalui saluran transmisi biner tanpa memori.

Metode sinkronisasi *frame* untuk operasi sinkron dan untuk metode pengkodean saluran dengan memori (lihat catatan dalam Pasal 2) sedang dalam perumusan.

6.2.4 Format *frame* standar

Subpasal ini mendefinisikan tiga format klas *frame* yang berbeda, yang cocok untuk persyaratan yang ditingkatkan dari keluaran informasi (*information throughput*) dan integritas data dalam sistem telekontrol dengan volume informasi yang sangat berbeda dan berbagai tingkatan kecerdasan pada RTU, dan cocok untuk mendukung fungsi supervisi dan kendali dalam berbagai level sistem hirarki yang terdiri dari RTU, *submaster* dan *master*.

Klas format, yang diperlihatkan pada tabel 1, cocok untuk transmisi *frame* serial bit yang melalui saluran transmisi simetris biner yang menggunakan sebuah metode pengkodean bit tanpa memori.

Runtunan kode blok, yang dipilih dari format klas FT1.1, FT1.2, FT2 maupun FT3, dapat dikombinasikan untuk membentuk sebuah *frame* seperti yang diperlihatkan pada tabel 1.

Format klas FT1.1 mendefinisikan sebuah kode blok dengan jarak Hamming 2, yang dibangkitkan dengan menambahkan sebuah bit *start*, sebuah bit *parity* dan sebuah bit *stop* ke 8 bit *information*.

Runtunan blok FT1.1 dibantu dengan tambahan sebuah karakter *check sum* membentuk kode produk FT1.2 dengan jarak Hamming 4.

Format klas FT2 didefinisikan oleh sebuah kode blok dengan jarak Hamming 4 yang mengandung sampai dengan 15 oktet data pengguna, ditambah dengan sebuah *check* oktet.

Format klas FT3 didefinisikan oleh sebuah kode blok dengan jarak Hamming 6 yang mengandung sampai dengan 16 oktet data pengguna, ditambah dengan dua buah *check* oktet. Berlaku pula versi pendek dari FT2 dan FT3, dimana *field information* k berkurang secara bertingkat dalam oktet sampai diperoleh panjang *field information* minimum k = 8 bit.

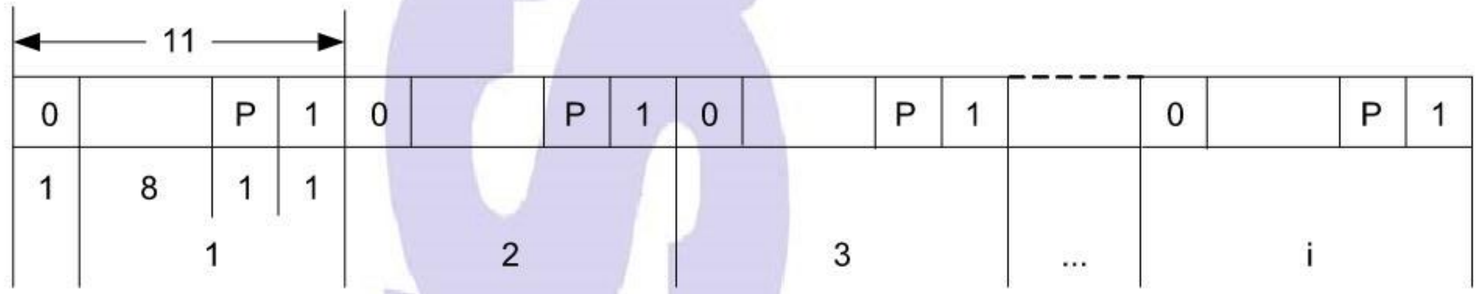
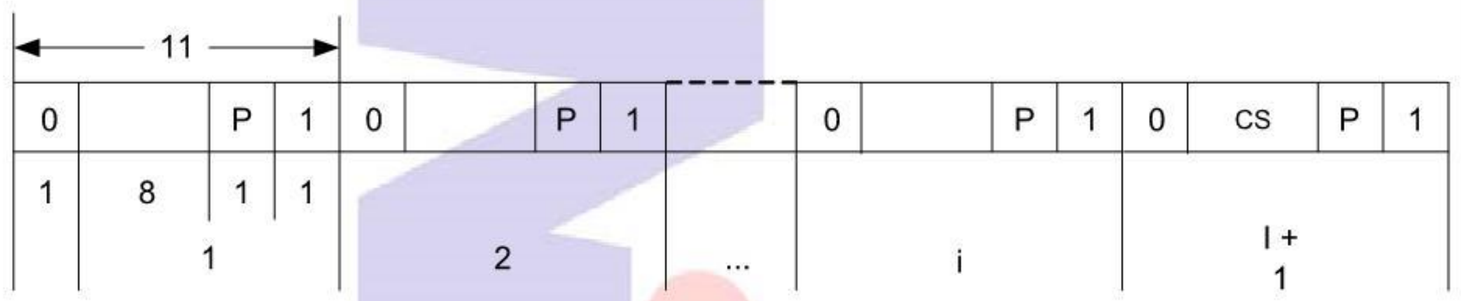
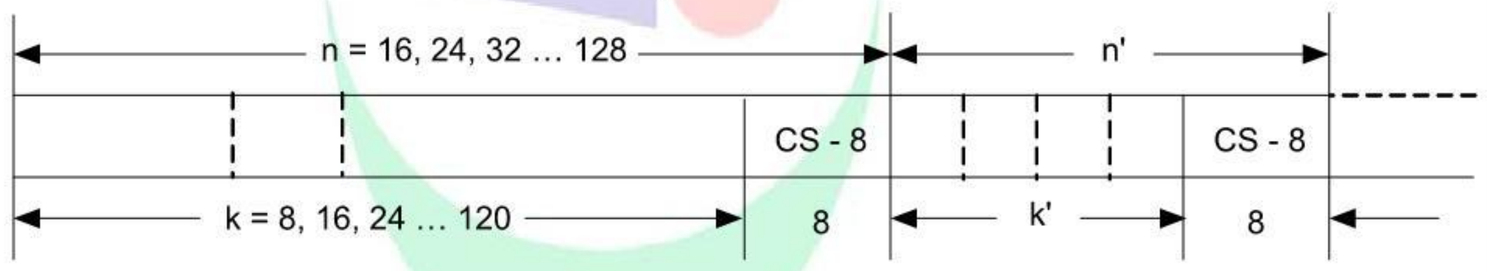
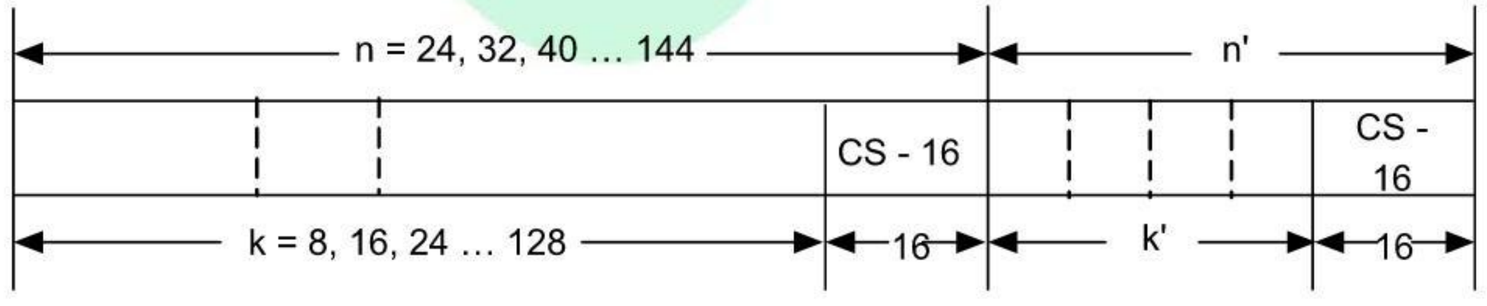
Kedua format *frame* FT1.2 dan FT2 memenuhi persyaratan dari klas integritas data I2. FT2 memberikan nilai efisiensi transmisi *frame* yang tinggi (lihat gambar B.2). FT1.2 memberikan kecepatan *error rate* sisa yang lebih kecil, khususnya dalam kasus probabilitas *error* bit tinggi.

Bermacam-macam pelayanan transportasi data membutuhkan transmisi dengan panjang *frame* yang konstan atau berubah-ubah.

Sistem yang menggunakan panjang *frame* yang berubah-ubah menyatakan ukuran *frame* aktual dalam sebuah panjang yang menspesifikasikan *field* pada awal *field* data. Dengan format *frame* FT2 dan FT3, blok pertama yang berisi spesifikasi panjang selalu mempunyai sebuah panjang konstan yang telah ditetapkan sebelumnya.

"Hak Cipta Badan Standardisasi Nasional, copy standar ini dibuat untuk penayangan di website Akses SNI dan tidak untuk dikomersilkan"

Tabel 1 Format *frame* standar dan spesifikasi kode

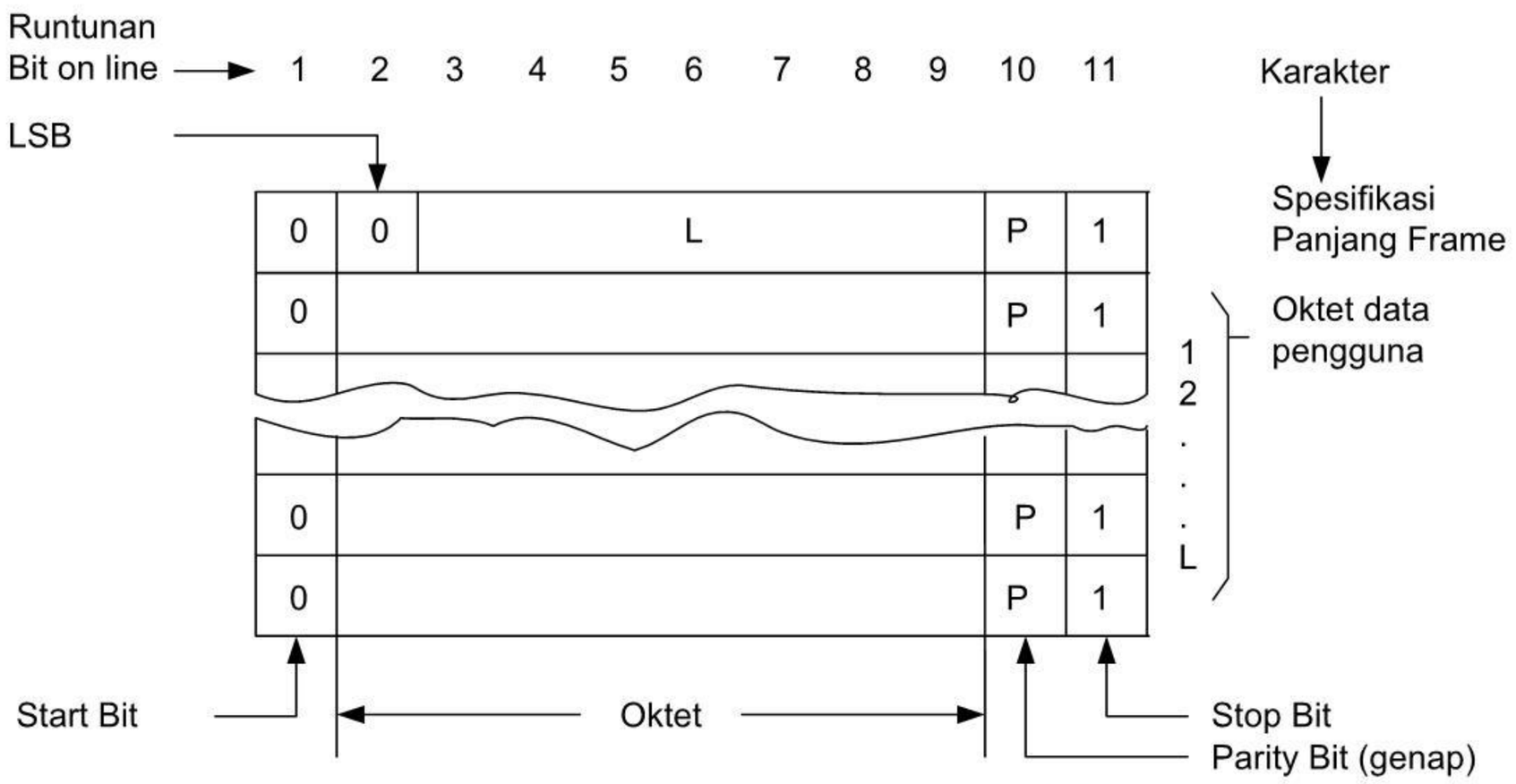
Klas format	Format blok	Jarak Hamming	Klas integritas	Format *frame*	Polinomial generator dan spesifikasi kode
FT	(n,k)*	d	I		
FT1.1	(11i,8i)	2	I1		Untuk setiap oktet data : 1 start bit “0” 1 stop bit “1” 1 even parity bit “p”
FT1.2	(11i+11,8i)	4	I2		Untuk setiap oktet data : 1 start bit “0” 1 stop bit “1” 1 even parity bit “p” untuk setiap frame : 8 bit check sum modulo 256 “”CS
FT2	(8i+8,8i) i=1,2 .. .15	4	I2		Polynomila P1 : x7+x6+x5+x2+1; siklik (127,120)
FT3	(8i+16,8i) i=1,2 ... 16	6	I2		Polynomila P2 : X12+x13+x12+x11+x10+ x8+x6+x5+x2+1; siklik (127,120)

“Hak Cipta Badan Standardisasi Nasional, copy standar ini dibuat untuk penayangan di website Akses SNI dan tidak untuk dikomersilkan”

"Hak Cipta Badan Standardisasi Nasional, copy standar ini dibuat untuk penayangan di website Akses SNI dan tidak untuk dikomersilkan"

6.2.4.1 Format FT1.1: *frame* dengan jarak Hamming 2

Format dengan jumlah data pengguna yang berubah-ubah.



Aturan transmisi:

R1 - Saluran *idle* mempunyai harga biner 1.

R2 - Setiap karakter mempunyai sebuah bit *start* (biner 0), 8 bit *information*, satu bit *even parity* dan satu bit *stop* (biner 1).

R3 - Tidak ada interval saluran *idle* yang terdapat di antara karakter dari sebuah *frame*.

R4 - Pada saat mendeteksi sebuah *error* sesuai dengan aturan R7, sebuah interval minimum dari 22 bit saluran *idle* dibutuhkan di antara *frame*.

R5 - Panjang blok aktual L, misalnya jumlah oktet data berikutnya, dispesifikasikan pada karakter pertama. L adalah parameter dalam notasi biner yang mempunyai julat dari 0 sampai 127.

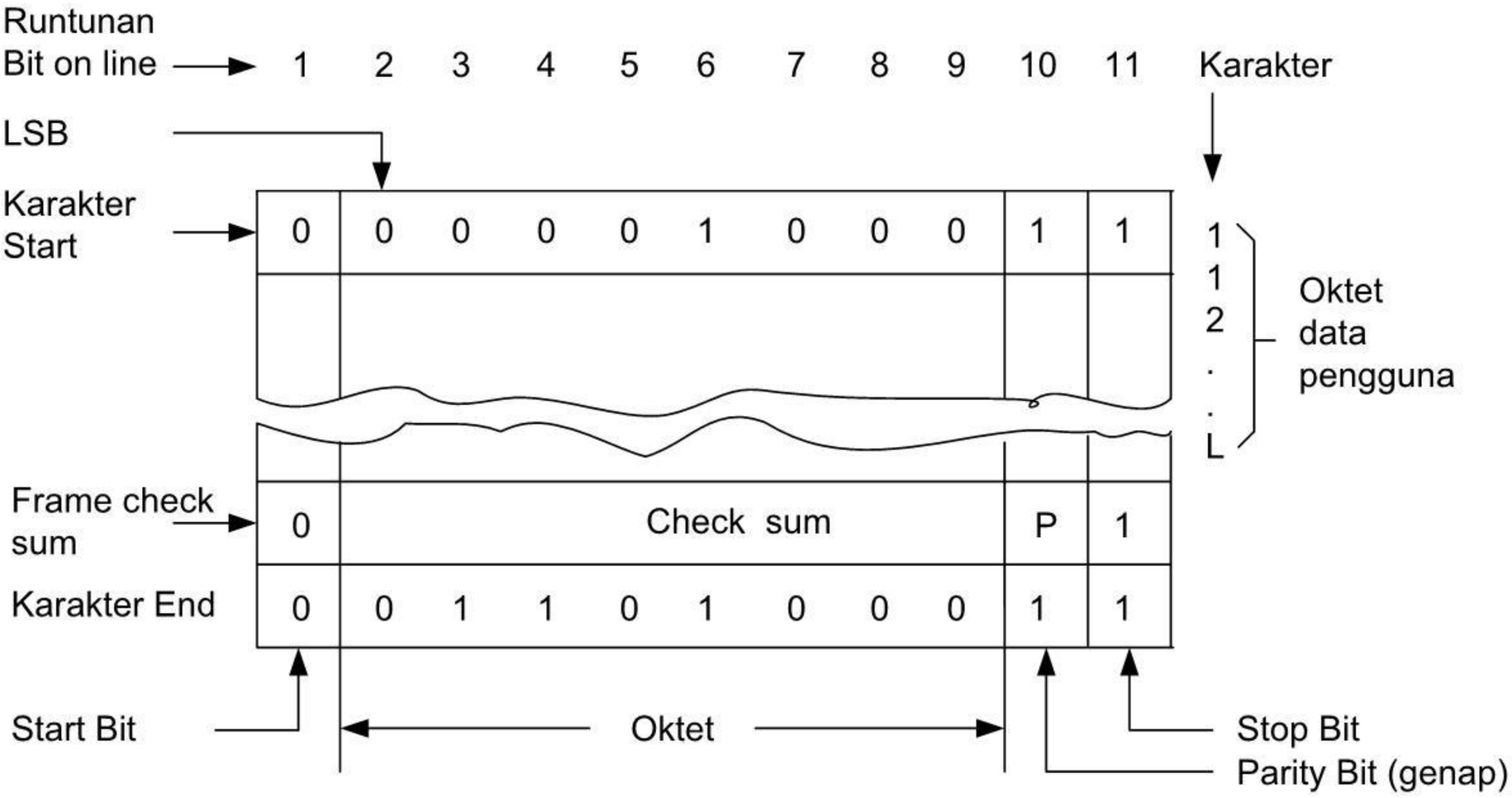
R6 - Bit data yang ditransmisikan pertama kali dari karakter pertama (D1) adalah nol.

R7 - Bit *start*, bit *stop*, bit *even parity*, bit *data* D1 = "0" dari karakter pertama dan, pada saat pendeteksian sebuah *error*, interval saluran *idle* yang dispesifikasikan oleh R4 diperiksa oleh penerima. *Frame* ditolak apabila salah satu pemeriksaan mengalami kegagalan, dan sebaliknya akan diteruskan ke pengguna.

6.2.4.2 Format FT1.2: *frame* dengan jarak Hamming 4

Frame dengan panjang tetap dan berubah-ubah, yang dispesifikasikan oleh subpasal 6.2.4.2.1 dan 6.2.4.2.2 berikut ini, dapat ditransmisikan melalui saluran transmisi yang sama.

6.2.4.2.1 Format FT1.2 dengan jumlah data pengguna yang tetap



Frame dengan data pemakai terdiri dari sebuah *start character*, sebuah jumlah tetap L pada oktet data pengguna, sebuah *check sum* (CS) dan sebuah *end character*.

Aturan transmisi:

R1 - Saluran *idle* mempunyai harga biner 1.

R2 - Setiap karakter mempunyai sebuah bit *start* (biner 0), 8 bit *information*, satu bit *even parity* dan satu bit *stop* (biner 1).

R3 - Tidak ada interval saluran *idle* yang terdapat di antara karakter dari sebuah *frame*.

R4 - Pada saat mendeteksi sebuah *error* sesuai dengan aturan R6, sebuah interval minimum dari 33 bit saluran *idle* dibutuhkan di antara *frame*.

R5 - Runtunan karakter data pengguna diakhiri dengan 8 bit *check sum* (CS). *Check sum* adalah penjumlahan aritmatika yang mengabaikan *overflow* (penjumlahan modulo 256) pada seluruh oktet data pengguna.

R6 - Penerima memeriksa:

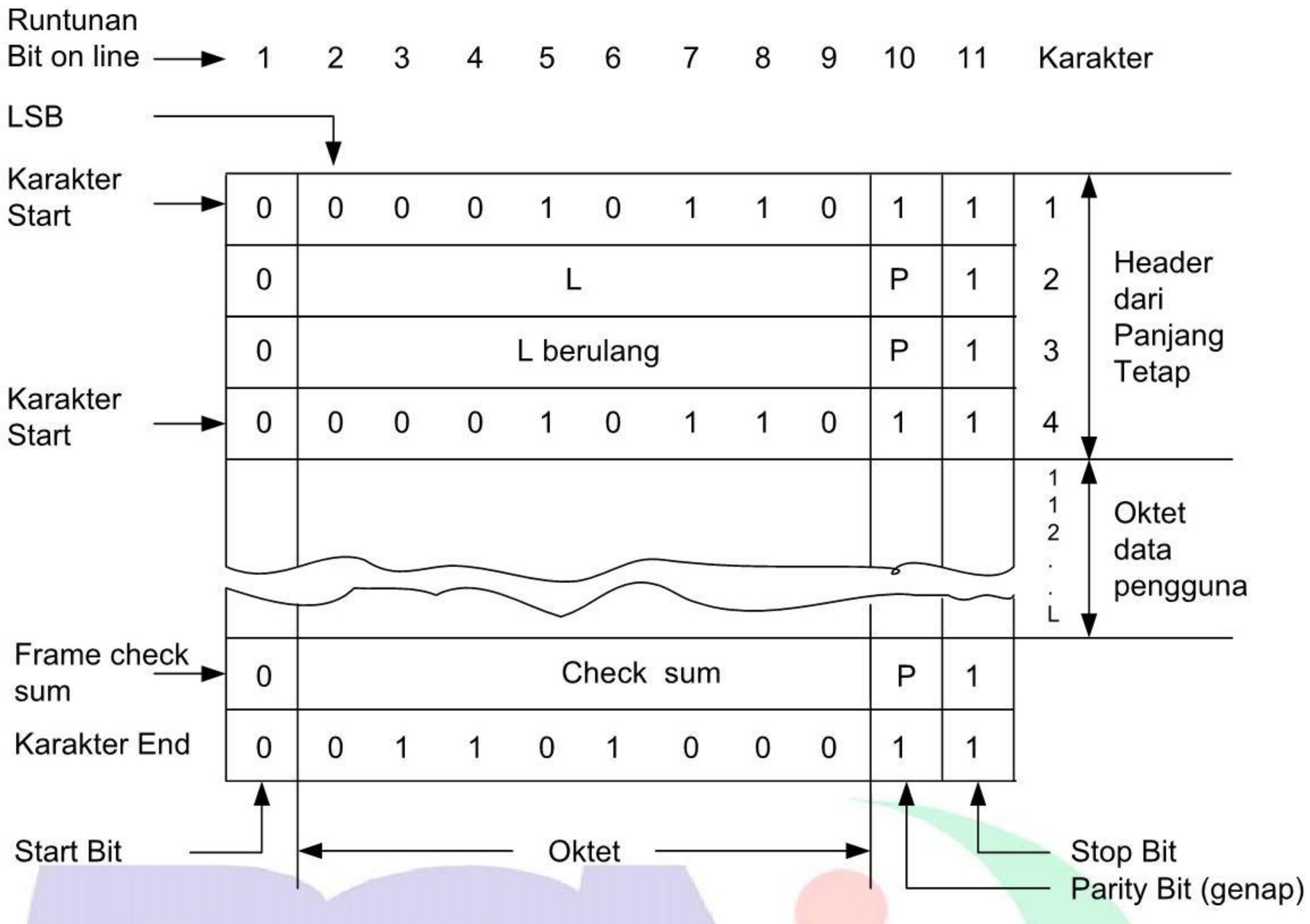
setiap karakter: bit *start*, bit *stop* dan bit *even parity*;

setiap frame: *start character*, *frame check sum* dan *end character* dan, pada saat pendeteksian sebuah *error*, interval saluran *idle* yang dispesifikasikan oleh R4.

Frame ditolak apabila salah satu dari pemeriksaan tersebut mengalami kegagalan, dan apabila sebaliknya akan diteruskan ke pengguna.

"Hak Cipta Badan Standardisasi Nasional, copy standar ini dibuat untuk penayangan di website Akses SNI dan tidak untuk dikomersilkan"

6.2.4.2.2 Format FT1.2 dengan jumlah data pengguna yang berubah-ubah



Frame dengan data pengguna terdiri dari sebuah *start character*, dua karakter serupa yang menspesifikasikan jumlah L dari oktet data pengguna, sebuah *start character* kedua, data pengguna, sebuah *frame check sum character* dan sebuah *end character*.

L adalah sebuah parameter dalam notasi biner yang mempunyai julat dari 0 sampai 255.

Aturan transmisi:

R1, R2, R3, R4 dan R5: lihat subpasal 6.2.4.2.1.

R6 - Penerima memeriksa:

setiap karakter:

bit *start*, bit *stop* dan bit *even parity*;

setiap frame:

- *start character* yang dispesifikasikan di awal dan di akhir dari *frame header*,
- identitas dari kedua spesifikasi panjang L,
- bahwa jumlah karakter yang diterima sama dengan L + 6,
- frame check sum,
- end character,
- pada saat pendeteksian *error*, interval saluran *idle* dispesifikasikan oleh R4.

Frame akan ditolak apabila salah satu dari pemeriksaan tersebut mengalami kegagalan, dan apabila sebaliknya akan diteruskan ke pengguna.

"Hak Cipta Badan Standardisasi Nasional, copy standar ini dibuat untuk penayangan di website Akses SNI dan tidak untuk dikomersilkan"

6.2.4.2.3 Format *frame* dari karakter kendali tunggal

Dispesifikasikan dua karakter tunggal.

Control character I:

Urutan bit →	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
	0	1	0	1	0	0	1	1	1	1	1

Control character II:

Urutan bit →	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
	0	0	1	0	0	0	1	0	1	1	1

Karakter kendali tunggal dapat digunakan untuk transmisi informasi kendali tertentu, misalnya untuk sebuah tanda terima positif. Kegunaan karakter kendali ini akan dispesifikasikan dalam SNI 04-7021.5.2-2004.

6.2.4.3 FT2 format: *frame* dengan jarak Hamming 4

Setiap *frame* dimulai dengan sebuah *start character* (1 oktet). Dua macam *start character* yang berbeda didefinisikan sebagai berikut:

Start character 1:	0	0	1	0	0	1	1	1

Start character 2:	0	0	0	1	0	1	0	0

Penggunaan kedua *start character* tersebut akan dispesifikasikan oleh definisi standar protokol prosedural.

"Hak Cipta Badan Standardisasi Nasional, copy standar ini dibuat untuk penayangan di website Akses SNI dan tidak untuk dikomersilkan"

"Hak Cipta Badan Standardisasi Nasional, copy standar ini dibuat untuk penayangan di website Akses SNI dan tidak untuk dikomersilkan"

6.2.4.3.1 *Frame* FT2 dengan panjang tetap

Frame dengan data pengguna akan ditambah dengan sebuah blok *check sequence* 1 oktet setelah setiap blok dari 15 oktet data pengguna.

Runtunan Bit on line → 1 2 3 4 5 6 7 8 Oktet

MSB →

Karakter Start	1	
Data Oktet Pengguna	1 2 . . . 15 maks	Blok 1
Check Sequence	1	
Data Oktet Pengguna	1 2 . . . 15 maks	Blok 2
Check Sequence	1	
Data Oktet Pengguna	1 2 . . . 15 maks	Blok n
Check Sequence	1	

Aturan transmisi:

R1 - Saluran *idle* mempunyai harga biner 1.

R2 - Oktet pertama dari sebuah *frame* adalah *start character*.

R3 - Sampai dengan 15 oktet data pengguna diakhiri dengan sebuah *check sequence* oktet.

R4 - *Check sequence* membentuk sebuah kode yang dihasilkan oleh persamaan polinomial $X^7 + X^6 + X^5 + X^2 + 1$, diakhiri dengan sebuah bit *even parity* untuk keseluruhan bit dari blok tersebut. 8 bit *check sequence* yang dihasilkan oleh spesifikasi ini akan diinversikan nilainya (0 menjadi 1, dan sebaliknya).

R5 - Pada saat mendeteksi sebuah *error*, sesuai dengan aturan R6, interval saluran *idle* minimum L + 3 oktet dibutuhkan apabila L menyatakan jumlah maksimum oktet data pengguna pada setiap *frame*; apabila L lebih kecil dari 45 oktet. Untuk $L \geq 45$ oktet, interval mempunyai nilai sedikitnya 48 oktet.

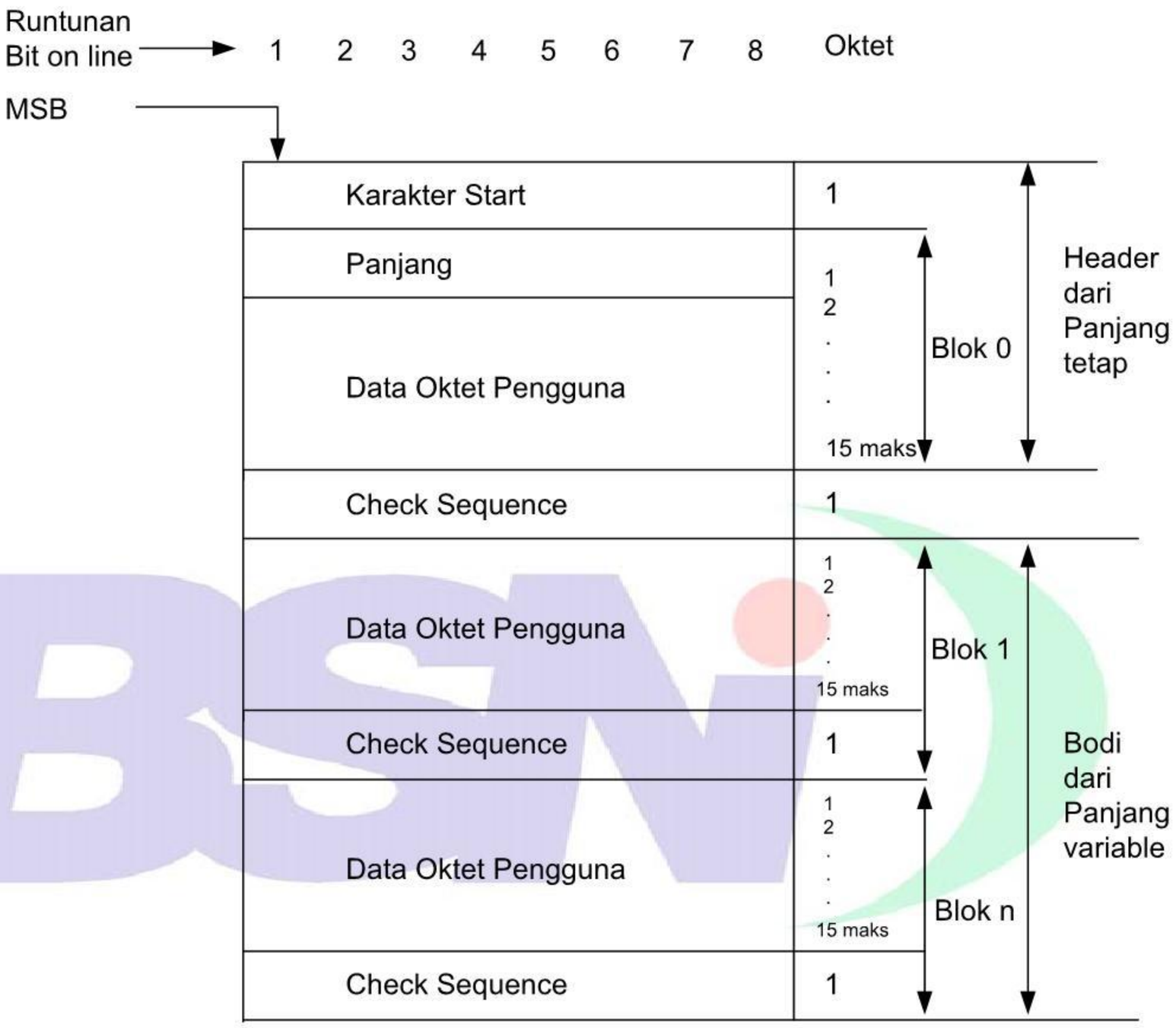
R6 - Penerima memeriksa kualitas sinyal, *start character*, *check* sequence, panjang *frame* dan, pada saat mendeteksi *error*, interval saluran *idle* yang dispesifikasikan oleh R5. *Frame* ditolak apabila salah satu dari pemeriksaan tersebut mengalami kegagalan, dan sebaliknya akan diteruskan ke pengguna.

"Hak Cipta Badan Standardisasi Nasional, copy standar ini dibuat untuk penayangan di website Akses SNI dan tidak untuk dikomersilkan"

6.2.4.3.2 *Frame* FT2 dengan panjang berubah-ubah

Blok data pertama (*header*) dari *frame* dengan panjang yang berubah-ubah mempunyai panjang yang tetap, dimulai dengan sebuah *start character* dan diakhiri dengan sebuah *check sequence* dan mempunyai sampai dengan 15 oktet data.

Panjang karakter, yang ditempatkan pada *header* dengan panjang tetap, menspesifikasikan jumlah oktet data pengguna yang terdapat dalam badan *frame*.



Aturan transmisi:
R1 sampai R6: lihat subpasal 6.2.4.3.1.

6.2.4.4 Format FT3: *frame* dengan jarak Hamming 6

Setiap *frame* dimulai dengan sebuah *start character* (2 oktet).

Dua macam *start character* yang berbeda didefinisikan sebagai berikut:

Start character 1: 0 0 0 0 0 1 0 1 0 1 1 0 0 1 0 0

Start character 2: 0 0 0 1 0 0 1 0 0 0 1 1 1 1 0 0

Penggunaan kedua *start character* tersebut akan dispesifikasikan oleh definisi standar protokol prosedural.

6.2.4.4.1 *Frame* dengan panjang tetap

Runtunan Bit on line → 1 2 3 4 5 6 7 8 Oktet

MSB →

Karakter Start	1 2	
Data Oktet Pengguna	1 2 . . . 16 maks	Blok 1
Check Sequence	1 2	
Data Oktet Pengguna	1 2 . . . 16 maks	Blok 2
Check Sequence	1 2	
Data Oktet Pengguna	1 2 . . . 16 maks	Blok n
Check Sequence	1 2	

Aturan transmisi:

R1 - Saluran *idle* mempunyai nilai biner 1.

R2 2 oktet pertama dari *frame* menggambarkan sebuah *start character*.

R3 - Sampai dengan 16 oktet data pengguna dilengkapi dengan 16 bit *check squence*.

R4 - *Check sequence* membentuk sebuah kode yang dihasilkan dari persamaan polinomial:

$$X^{16} + X^{13} + X^{12} + X^{11} + X^{10} + X^8 + X^6 + X^5 + X^2 + 1$$

16 bit *check sequence* yang dihasilkan oleh spesifikasi ini akan diinversikan (0 menjadi 1, dan sebaliknya).

R5 - Pada saat pendeteksian sebuah *error*, berdasarkan pada aturan R6, dibutuhkan interval saluran *idle* minimum dari oktet L + 6, apabila L mencirikan jumlah oktet data pengguna tiap *frame*, dengan ketentuan bahwa L lebih kecil dari 48 oktet. Untuk $L \geq 48$ oktet, maka interval sedikitnya 54 oktet.

R6 - Penerima memeriksa kualitas sinyal, *start character*, *check sequence*, panjang *frame* dan, pada saat pendeteksian sebuah *error*, interval saluran *idle*, yang dispesifikasikan oleh R5.

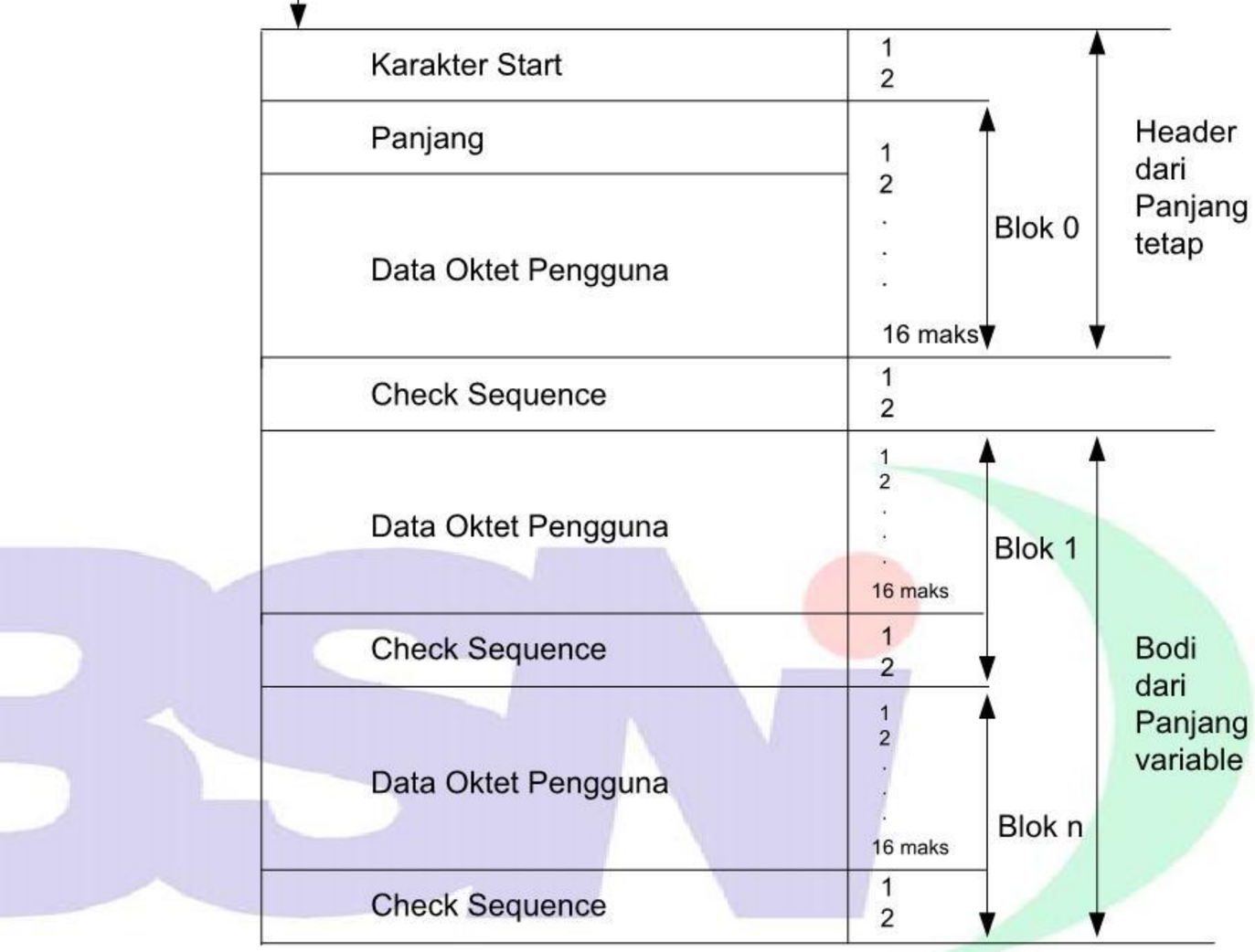
Frame akan ditolak, apabila salah satu pemeriksaan tersebut gagal, dan apabila sebaliknya, *frame* akan dilepaskan ke pengguna.

"Hak Cipta Badan Standardisasi Nasional, copy standar ini dibuat untuk penayangan di website Akses SNI dan tidak untuk dikomersilkan"

6.2.4.4.2 *Frame* dengan panjang berubah-ubah

Blok data pertama (*header*) dari *frame* dengan panjang berubah-ubah mempunyai panjang tetap, diawali dengan sebuah *start character* dan diakhiri dengan sebuah *check sequence* dan berisi sampai dengan 16 oktet data.

Panjang karakter yang ada dalam *header* dengan panjang tetap menspesifikasikan jumlah oktet data pengguna dalam badan *frame* tersebut.



Aturan transmisi:
R1 sampai dengan R6: lihat subpasal 6.2.4.4.1

6.2.5 Sinkronisasi saluran transmisi dengan *switched carrier frequency*

Status “saluran *idle*” mempunyai ciri *carrier* yang *off*.

Setelah *carrier* menjadi *on*, m bit *idle* minimum (“1”) harus ditransmisikan sebelum memulai *frame* pertama. m bit *idle* adalah cukup untuk membuat *carrier* yang diterima menjadi terbentuk sempurna.

Setelah mentransmisikan *frame* terakhir, satu bit *idle* (“1”) harus ditransmisikan sebelum membuat *off carrier*.

CATATAN Durasi dari interval saluran *idle* yang diperlukan setelah pendeteksian sebuah *error* dalam sebuah *frame* dapat direduksi dibawah nilai yang diberikan dalam subpasal 6.2.4, apabila menggunakan kondisi *carrier-off* untuk merepresentasikan status saluran *idle*.

"Hak Cipta Badan Standardisasi Nasional, copy standar ini dibuat untuk penayangan di website Akses SNI dan tidak untuk dikomersilkan"

6.2.6 Bidang aplikasi utama dari format klas yang telah didefinisikan

Format klas FT1.1 dengan jarak Hamming 2 terutama digunakan untuk sistem *update* siklik sederhana dengan persyaratan klas integritas data yang rendah.

Format klas FT1.2 dengan jarak Hamming 4 dan format klas FT2 mendukung sistem kendali dengan persyaratan integritas data yang telah ditingkatkan dan format klas FT3 cocok untuk sistem dengan persyaratan integritas data yang umumnya tinggi.

6.2.7 Penggunaan protokol *High Level Data Link Control* (HDLC)

Spesifikasi *link* HDLC yang didefinisikan oleh ISO 3309 bukan *memoryless* dan pada dasarnya digunakan untuk transmisi *data* sinkron. HDLC cocok untuk operasi lalu-lintas data secara *duplex* (dua arah) dengan ukuran *window* lebih besar daripada satu. Penggunaan *frame* HDLC dalam telekontrol memerlukan beberapa penyesuaian. Protokol HDLC yang belum dimodifikasi akan melindungi *frame* dengan ukuran panjang yang berubah-ubah hanya dengan jarak Hamming 1 terhadap *error* yang tidak dapat dideteksi. Hal ini berarti bahwa sebuah bit *error* tiap *frame* dapat menghasilkan *error* yang tidak dapat dideteksi. Jarak Hamming dapat ditingkatkan menjadi 2 dengan menambahkan *redundancy* dan supervisi tambahan dari panjang *frame* yang berubah-ubah atau dengan hanya mengakui *frame* dengan panjang tetap saja. Untuk memperoleh integritas data klas I2 atau I3, harus dispesifikasikan prosedur transmisi yang sesuai pada lapisan-lapisan diatas lapisan *link* yang akan mengakibatkan turunnya kembali efisiensi transmisi.

"Hak Cipta Badan Standardisasi Nasional, copy standar ini dibuat untuk penayangan di website Akses SNI dan tidak untuk dikomersilkan"

Lampiran A
(Mengacu pada pasal 5: Ukuran kuantitas efisiensi transmisi, dan subpasal 6.1: lapisan *physical*)

Efek dari supervisi kualitas sinyal pada efisiensi transmisi dan integritas data

Setiap transmisi data memerlukan transmisi elemen sinyal, yang direalisasikan oleh parameter fisik seperti amplitudo, frekuensi, fasa, durasi pulsa, dan lain-lain. Nilai parameter tersebut dibatasi dengan toleransi diskrit yang diawasi pada penerima: apabila parameter melampaui batas toleransi yang telah ditentukan, penerima akan memberi sinyal deteksi *error* terhadap kualitas.

Spesifikasi dari toleransi kualitas sinyal, implementasinya maupun penggunaan metode sinkronisasi menghasilkan relasi antara *signal to noise ratio* dan *bit error rate* (rasio dari inversi bit yang tidak dapat dideteksi) dan *bit erasure rate* (rasio dari bit dengan kualitas yang tidak cukup) dari sirkuit data yang digunakan.

Relasi ini dapat diukur atau mungkin dapat dihitung dengan mengasumsikan model kanal yang disederhanakan. Sebagai contoh adalah efek dari toleransi distorsi sinyal supervisi dalam kanal transmisi *base band* biner dapat dihitung dengan cara sebagai berikut:

Apabila simbol bit dalam kanal transmisi biner dikodekan dengan sebuah *impulse scan* tunggal di tengah sebuah sel bit, sehingga tidak ada supervisi kualitas sinyal, dan *error* pada bit akan terjadi, pada saat sebuah transisi sinyal didistorsi lebih besar dari 50% dari sebuah durasi bit T (lihat gambar A.1a)).

Dengan mengasumsikan distribusi normal dengan rata-rata nol (Gaussian) dari *noise* dengan nilai rms yang dinormalisasikan s = 1

$p = \text{erfc}\,(T/(2\sqrt{2})) =$ probabilitas *error* pada bit (a1)

$q = 1 - p =$ probabilitas penerimaan bit yang benar

dengan pengertian: $\text{erfc}(x) = 1 - 2/\sqrt{\pi} \int_0^x e^{-u^2} du$

menandakan kebalikan dari fungsi *error*.

Kualitas sinyal disupervisi, apabila *scan* tunggal di pusat dari setiap bit diganti dengan sebuah inspeksi dari tiga *slot* waktu yang berbeda setiap bit (lihat gambar A. 1b)):

- satu *slot* waktu $-D \le q \le +D$ yang mencirikan julat yang diperbolehkan dari distorsi sebuah transisi sinyal, dan
- dua *slot* waktu $(-T + D) \le r \le -D$ dan $D \le r \le (T - D)$ yang mencirikan pelanggaran dari julat toleransi yang diperbolehkan dari distorsi sebuah transisi sinyal.

Apabila terjadi sebuah transisi sinyal dalam *slot* waktu $\pm D$, maka sebuah bit koreksi (q) atau sebuah bit *error* (p) akan didekodekan.

Apabila terjadi sinyal transisi dalam sebuah *slot* dari *slot* waktu r, maka sebuah kualitas sinyal yang buruk akan dideteksi. Pada kasus ini, probabilitas penerimaan bit *error* dan probabilitas penerimaan bit yang benar akan berkurang menjadi:

"Hak Cipta Badan Standardisasi Nasional, copy standar ini dibuat untuk penayangan di website Akses SNI dan tidak untuk dikomersilkan"

$$p' = \operatorname{erfc}((T - D) / \sqrt{2}) - \operatorname{erfc}((T + D) / \sqrt{2}) + \operatorname{erfc}((2T - D) / \sqrt{2}) - \operatorname{erfc}((2T + D) / \sqrt{2}) + \ldots\ldots - \ldots\ldots$$

$$q' = 1 - \operatorname{erfc}(D / \sqrt{2})$$

Bit penghapus (r) yang disebabkan oleh distorsi yang lebih besar dari |T + D| adalah relevan dalam kondisi *noise* yang sangat tinggi ($p \rightarrow 0.5$) dan dapat diabaikan untuk suatu pengkajian manfaat dari lebar toleransi ±D untuk distorsi sinyal yang diperbolehkan.

Dengan penyederhanaan ini, hanya 2 pernyataan pertama saja dari relasi p' yang memberi kontribusi relevan pada probabilitas penurunan *error* bit dan relasi p' dan q' dapat dinyatakan dalam bentuk probabilitas *error* bit asli p (lihat persamaan (a1)), dengan:

$$p' = \operatorname{erfc}(2(1 - D/T)\ \operatorname{erfc}^{-1}(p))$$

$$q' = 1 - \operatorname{erfc}((2D/T)\ \operatorname{erfc}^{-1}(p))$$

dengan pengertian:

$y = \operatorname{erfc}^{-1}(x)$ menunjukkan inversi dari komplemen fungsi *error* $x = \operatorname{erfc}(y)$.

Kedua relasi tersebut menggambarkan *binary symmetric erasure channel* yang memberikan tiga kemungkinan evaluasi tiap bit, yang dinamakan:

q'……bit yang benar

p'……bit *error*, (contoh: inversi bit yang tidak dapat dideteksi)

r = 1 - p' - q'……bit *erasure* (contoh: kualitas sinyal yang buruk)

Contoh analisa dimana distorsi sinyal disupervisi oleh satu atau beberapa ambang batas keputusan dapat diaplikasikan ke supervisi julat toleransi dari parameter-parameter sinyal lainnya yang digunakan dalam berbagai metode pengkodean kanal.

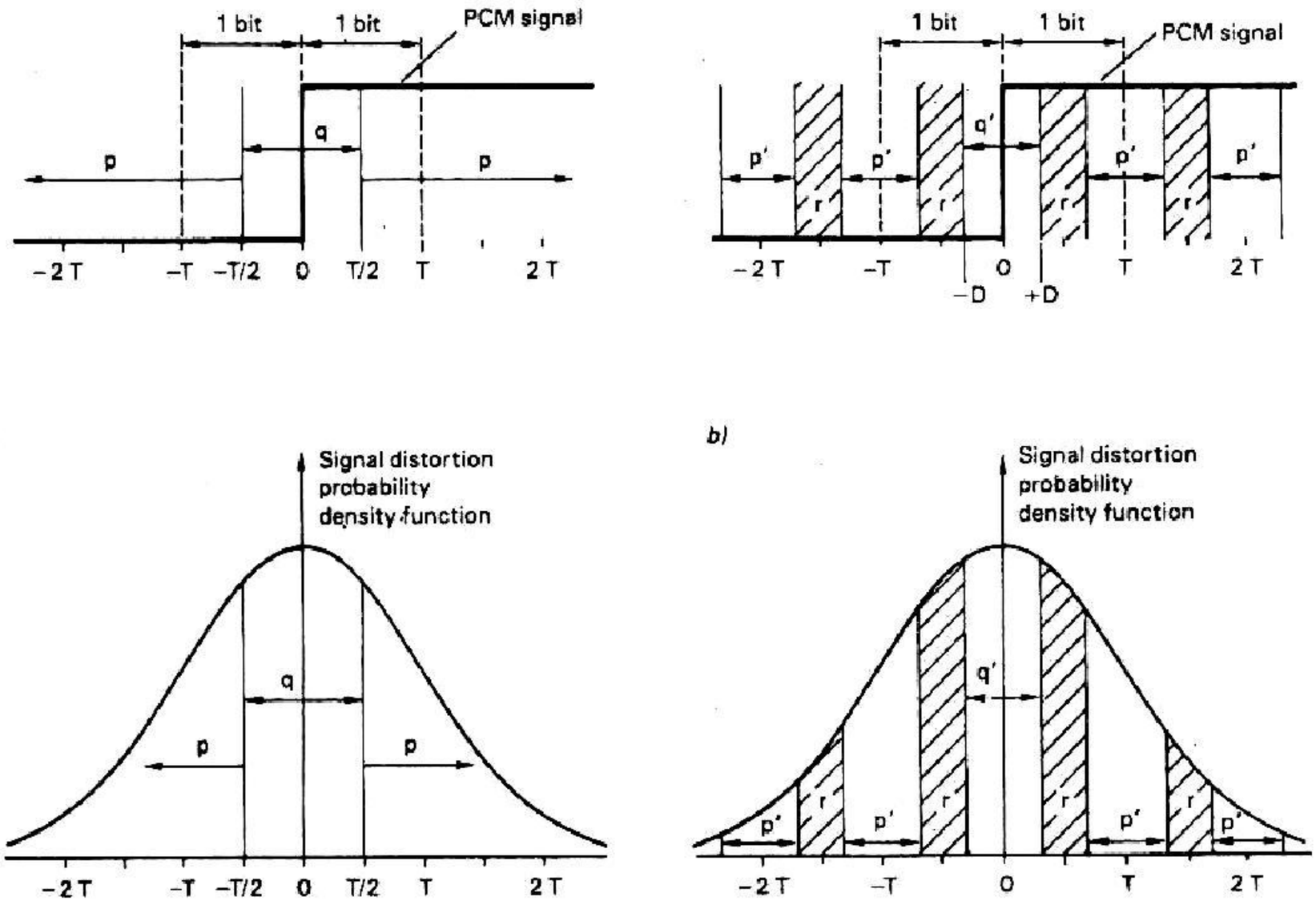
Pengaruh dari supervisi kualitas sinyal pada efisiensi transmisi dan *error rate* sisa diperlihatkan pada gambar A.2: sebuah kode blok FT-2 dengan panjang blok n = 128 bit dikodekan sebagai berikut:

- tanpa supervisi kualitas sinyal (toleransi distorsi sinyal yang diperbolehkan adalah ±50%),
- dengan supervisi kualitas sinyal yang sembarang (toleransi distorsi sinyal yang diperbolehkan adalah ±40%), dan
- dengan supervisi kualitas sinyal yang ketat (toleransi distorsi sinyal yang diperbolehkan adalah ±30%).

Gambar kurva berikut ini memperlihatkan *error* sisa yang berkurang secara nyata dengan penurunan lebar toleransi untuk kualitas sinyal yang diperbolehkan, akan tetapi dengan kehilangan efisiensi transmisi yang perlu dipertimbangkan.

Pada seluruh kasus, maksimum *error* sisa terjadi pada probabilitas *error* bit dimana efisiensi transmisi secara praktis adalah nol.

"Hak Cipta Badan Standardisasi Nasional, copy standar ini dibuat untuk penayangan di website Akses SNI dan tidak untuk dikomersilkan"



Decision ranges:
q: correct bit
p: bit error

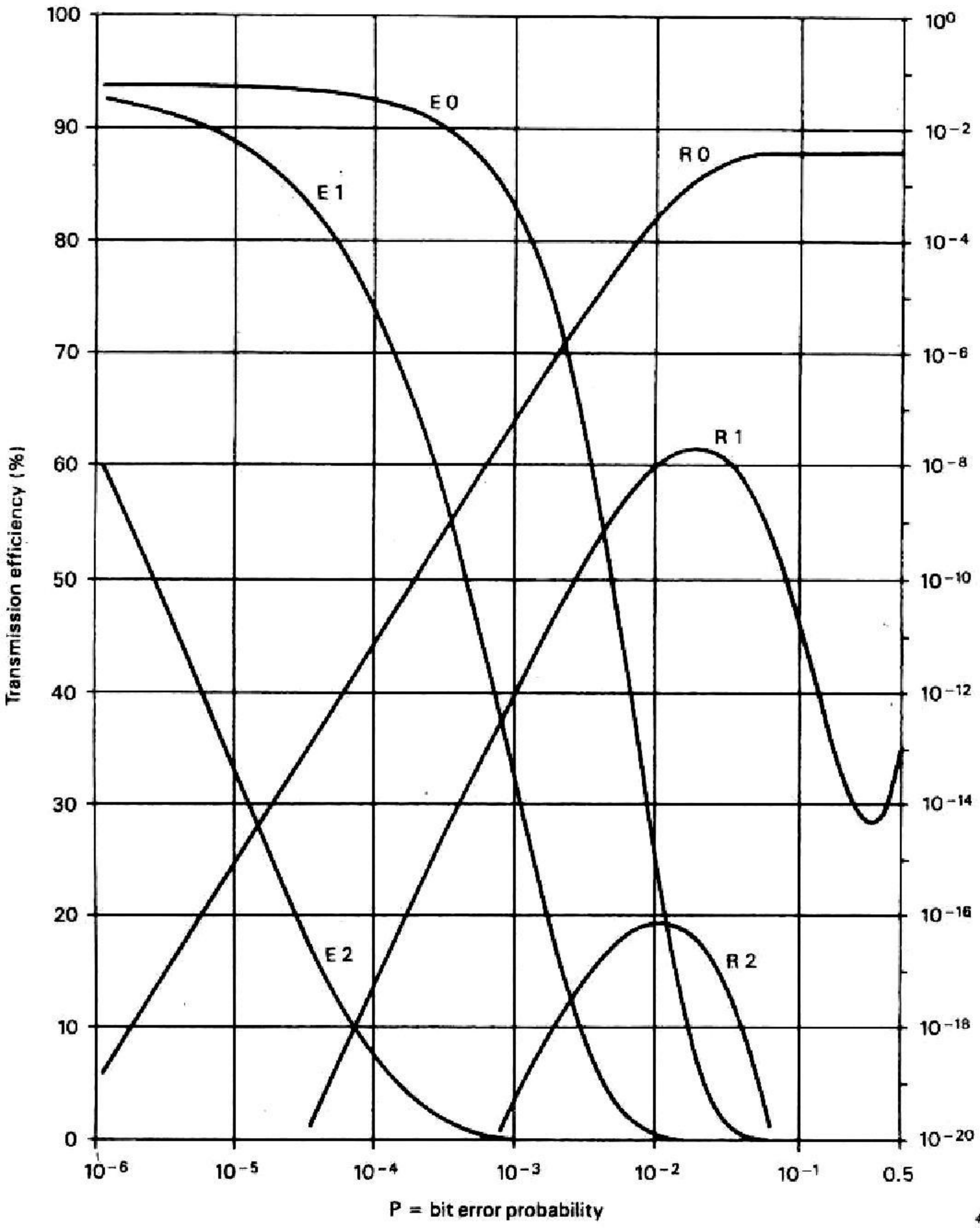
No signal quality supervision:
tolerated distortion range ± 50%

q' : correct bit
p' : bit error
r: erased bit

With signal quality supervision:
tolerated distortion range D < ± 50%

Gambar A.1 Deteksi sinyal bit:
a) tanpa supervisi kualitas sinyal, dan
b) dengan supervisi kualitas sinyal

"Hak Cipta Badan Standardisasi Nasional, copy standar ini dibuat untuk penayangan di website Akses SNI dan tidak untuk dikomersilkan"



Gambar A.2 Pengaruh supervisi kualitas sinyal pada efisiensi transmisi *frame* dan integritas data

Efisiensi transmisi *frame* dan karakteristik integritas data dari format klas FT 2 - kode blok dengan panjang blok 128 bit

Karakteristik *error* sisa	Karakteristik efisiensi transmisi *frame*	Julat toleransi dari supervisi kualitas sinyal
R0	E0	Tanpa supervisi kualitas sinyal
R1	E1	Distorsi sinyal yang ditolerir: ±40%
R2	E2	Distorsi sinyal yang ditolerir: ±30%

"Hak Cipta Badan Standardisasi Nasional, copy standar ini dibuat untuk penayangan di website Akses SNI dan tidak untuk dikomersilkan"

Lampiran B
(Mengacu pada subpasal 6.2.4: Format *frame* standar)

Ukuran *rating* dari integritas data dan efisiensi transmisi

Ukuran *rating* dari probabilitas *error* sisa dan efisiensi transmisi diperoleh untuk kode blok setiap format klas.

Rating aktual dari probabilitas *error* sisa dan efisiensi transmisi protokol bergantung pada karakteristik lebih lanjut dari prosedur dialog yang telah dispesifikasikan.

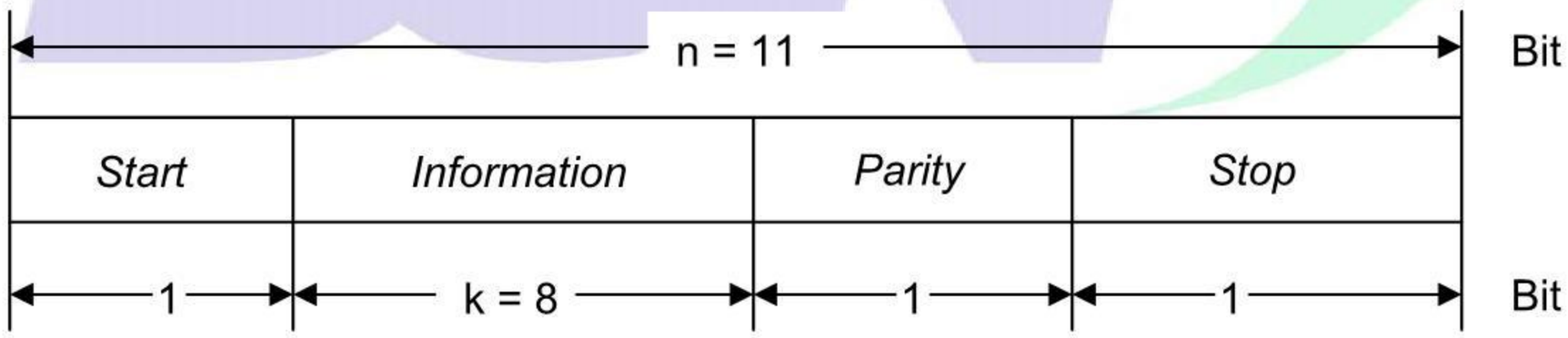
Khususnya, apabila sebuah *frame* tersusun dari i blok klas formal FT dengan panjang bit n, maka *error* yang tidak dapat dideteksi terjadi apabila sedikitnya satu dari blok-blok tersebut mengandung *error* yang tidak dapat dideteksi dan blok lainnya mengandung *error* yang tidak terdeteksi:

$$R(iFT) = (R(FT) + q^n)^i - q^{ni} \approx iR(FT) \qquad \text{jika} \quad (1 - q) << 0.5$$

dengan pengertian:

R(FT) menunjukkan probabilitas *error* sisa dari blok individual format klas FT, dan q menunjukkan probabilitas dari penerimaan bit yang benar.

B.1 Format klas FT1.1



- (11,8) - Kode
- jarak Hamming d = 2
- Satu oktet informasi dilengkapi dengan satu bit *start* (“0”), satu bit *even parity check* dan satu bit *stop* (“1”).

B.1.1 Ukuran integritas data

Jumlah pola *error* bit yang tidak dapat dideteksi mengandung *error* bit e sebagai berikut:

$$A(FT1.1)_e = \binom{g}{e}, \qquad e = 2, 4, 6 \text{ dan } 8.$$

“Hak Cipta Badan Standardisasi Nasional, copy standar ini dibuat untuk penayangan di website Akses SNI dan tidak untuk dikomersilkan"

Probabilitas *error* sisa yang dihasilkan adalah:

$$R(FT1.1) = (36p^2q^7 + 126p^4q^5 + 84p^6q^3 + 9p^8q)\, q^2$$

dengan pengertian:

p adalah probabilitas *error* bit
q adalah probabilitas dari transmisi bit yang benar

Kode tersebut memenuhi persyaratan integritas data klas I1, lihat gambar B.1).

B.1.2 Ukuran efisiensi blok kode transmisi

$$EFF(FT1.1) = \frac{8}{11} q^{11} = 0.73\, q^{11}$$ (lihat gambar B.2)

B.1.3 Ukuran efisiensi transmisi *frame*

Sebuah *frame* yang terdiri dari karakter-karakter i FT1.1 dengan sebuah karakter awal yang menspesifikasikan panjang *frame* (lihat subpasal 6.2.4.1) mempunyai efisiensi transmisi sebagai berikut:

$$EFF(iFT1.1) = \frac{8i}{11(i+1)} q^{11(i+1)}$$

dengan pengertian:

i adalah jumlah dari oktet data pengguna.

B.2 Format klas FT1.2

- (11i + 11, 8i) - *product-code single parity check* yang dimodifikasi
- Jarak Hamming d = 4
- Oktet data pengguna i dari format FT1.1 dilengkapi dengan sebuah *check sum character* aritmatika.

B.2.1 Ukuran integritas data

Error rate sisa dari *product-code single parity check*, yang menspesifikasikan *parity check* bit vertikal sebagai sebuah *check sum character*, adalah:

$$R(FT1.2) = 2^{-i-9} q^{2i+2} (q + p)^{9i+9} \sum_{j=0}^{8} \binom{8}{j} \left[\left(\frac{q-p}{q+p} \right)^j + \left(\frac{q-p}{q+p} \right)^{9-j} \right]^{i+1} - q^{11i+11}$$

dengan pengertian:

i adalah jumlah oktet data pengguna untuk i > 1

"Hak Cipta Badan Standardisasi Nasional, copy standar ini dibuat untuk penayangan di website Akses SNI dan tidak untuk dikomersilkan"

Check sum character aritmatika yang dispesifikasikan untuk format klas FT1.2 akan mengurangi *error* sisa dari kode tersebut kira-kira dengan faktor kelipatan 0.5 dan supervisi yang dispesifikasikan dari *start character* dan *end character* yang benar menyebabkan pengurangan dari R(FT1.2) dengan faktor kelipatan q^{11s}, apabila s menspesifikasikan jumlah dari karakter kendali tambahan - kecuali untuk *check sum character* - tiap *frame*: R'(FT1.2) = 0.5 R(FT1.2)q^{11s}.

Pada kasus *frame* dengan panjang tetap: s = 2 (1 *start character*, 1 *end character*).

Pada kasus *frame* dengan panjang berubah-ubah: s = 5 (2 *start character*, 2 karakter yang menspesifikasikan panjang, 1 *end character*).

Gambar B.1 memperlihatkan karakteristik *error* sisa untuk *frame* yang mempunyai panjang tetap dengan 1 oktet data pengguna (FT1.2, i = 1) dan untuk *frame* yang mempunyai panjang tetap dengan 15 oktet data pengguna (FT1.2, i = 15).

B.2.2 Ukuran efisiensi transmisi *frame*

$$EFF(FT1.2) = \frac{8i}{11(i+s+1)} \; q^{11(i+s+1)}$$

dengan pengertian:

i adalah jumlah oktet data pengguna
s adalah jumlah karakter kontrol tambahan - kecuali *check sum character* - tiap *frame*

Gambar B.2 memperlihatkan efisiensi transmisi *frame* untuk sebuah panjang *frame* dengan 1 oktet data pengguna (FT1.2, i = 1), dan untuk sebuah *frame* yang mempunyai panjang tetap dengan 15 oktet data pengguna (FT1.2, i = 15).

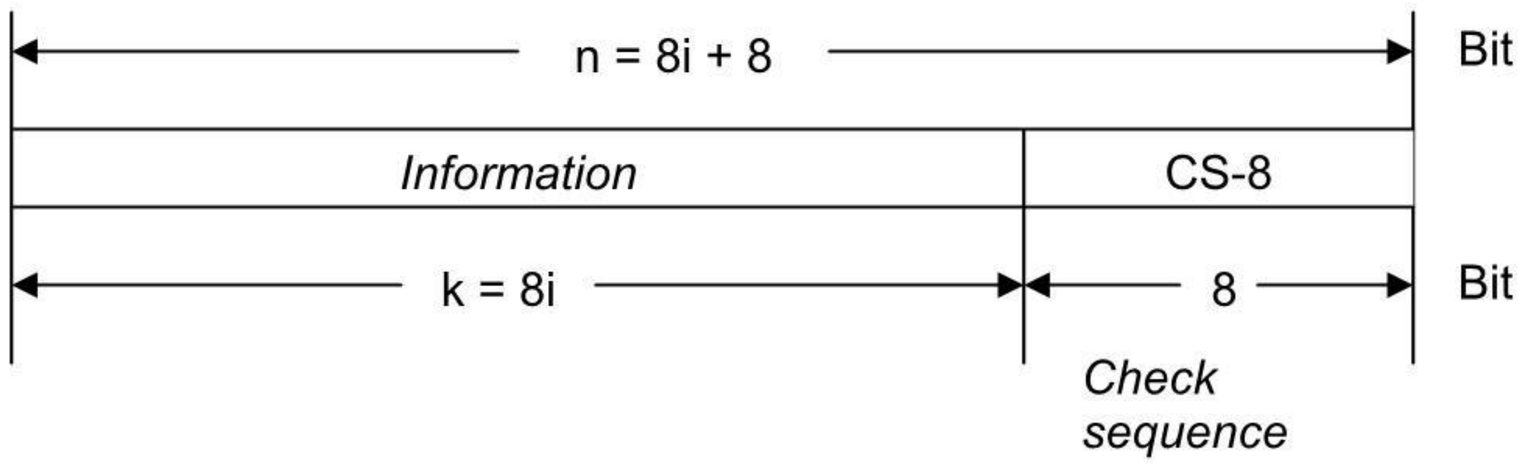
B.2.3 Motivasi

- Format klas FT1.1 dan FT1.2 memberikan kompatibilitas perangkat keras dengan hampir seluruh komputer personal maupun komputer lainnya, prosesor dan peralatan uji standar.
- Mudah dan murah untuk diintegrasikan ke peralatan yang sederhana dan berbiaya rendah.
- Perangkat keras yang sama mendukung perangkat lunak untuk komunikasi dengan piranti yang umum digunakan, misalnya *plotter*, *printer*, terminal VDU, dll.
- Tidak diperlukan perangkat keras tambahan untuk sinkronisasi bit.
- Tingkat *error* sisa yang rendah tanpa supervisi kualitas sinyal, khususnya pada bit *error rate* yang tinggi (lihat gambar B.1).

CATATAN Aturan tersebut mensyaratkan transmisi yang berdekatan dari karakter-karakter dalam sebuah *frame* dan penggunaan 8 buah bit ditambah *parity* untuk tiap karakter (dibandingkan dengan 7 bit ditambah *parity* atau 8 bit tanpa *parity* yang umum digunakan) memerlukan perhatian lebih pada sistem operasi *host* dan rutin *drive* komunikasi serial bit yang terkait.

"Hak Cipta Badan Standardisasi Nasional, copy standar ini dibuat untuk penayangan di website Akses SNI dan tidak untuk dikomersilkan"

B.3 Format klas FT2



- (8i + 8, 8i) - Kode, i = 1, 2, 3, … 15
- Jarak Hamming d = 4
- Generator polinomial $X^7 + X^6 + X^5 + X^2 + 1$
- Perluasan oleh sebuah bit *parity* genap
- Inversi dari seluruh *check* bit.

B.3.1 Motivasi

- Memberikan efisiensi transmisi *frame* yang paling tinggi untuk integritas data klas I2 (lihat gambar B.2).
- Menghasilkan format yang tepat untuk kebutuhan kinerja yang handal.
- Format *frame* cocok untuk digunakan dengan hubungan *data* sinkron *multidrop* standar yang telah pasti.
- Kode BCH dihasilkan oleh suatu persamaan polinomial dan diperluas oleh bit *parity* genap secara keseluruhan yang mendefinisikan sebuah (128, 120) kode *non-cyclic* optimum dengan jarak d = 4, terdiri dari 120 bit informasi, yaitu 15 oktet informasi. Ini adalah panjang maksimum untuk blok kode dengan jarak d = 4 yang menggunakan 8 bit *check*.
- Generator polinomial dipilih dari kumpulan seluruh 18 polinomial yang tidak dapat disederhanakan yang berderajat 7 sehingga jumlah bit *error* yang tidak terdeteksi dengan 4 buah bit *error* dibuat minimal untuk memperpendek blok dengan panjang n = 16 dan 24 bit.

B.3.2 Pengukuran integritas data

Jumlah pola bit *error* yang tidak dapat dideteksi yang mengandung bit *error* e dalam blok 128 bit yang tidak diperpendek adalah:

$$A(FT2)_{128,e} = \frac{1}{128}\left[\binom{128}{e} + (-1)^{e/2} \quad 127\binom{64}{e/2}\right],$$

$$e = 4, 6, 8, \ldots 122, 124, 128$$

Untuk kode blok diperpendek yang diakui dengan panjang n = 8i + 8 bit, i = 1, 2, …, oktet data pengguna, perkiraan terbaik untuk jumlah pola bit *error* yang tidak dapat dideteksi adalah:

"Hak Cipta Badan Standardisasi Nasional, copy standar ini dibuat untuk penayangan di website Akses SNI dan tidak untuk dikomersilkan"

$$A(FT2)_{n,e} \approx \binom{n}{e} / 128, \qquad e = 4, 6, 8 \ldots n$$

Hasil probabilitas *error* sisa adalah:

$$R(FT2)_n = \sum_e A(FT2)_{n,e}\, p^e q^{n-e}, \qquad e = 4, 6, 8 \ldots n$$

Format klas FT2 memenuhi kebutuhan integritas data klas I2 (lihat gambar B.1). Perpanjangan kode blok *frame* dengan 8 bit *start character*, ditetapkan untuk sistem transmisi PCM, diukur oleh perkalian dengan faktor q^8: $R'(FT2)_n = R(FT2)_n\, q^8$.

Gambar B.1 memperlihatkan karakteristik *error* sisa dari *frame* dengan 1 oktet data pengguna (FT2, i = 1) dan untuk *frame* dengan 15 oktet data pengguna (FT2, i = 15).

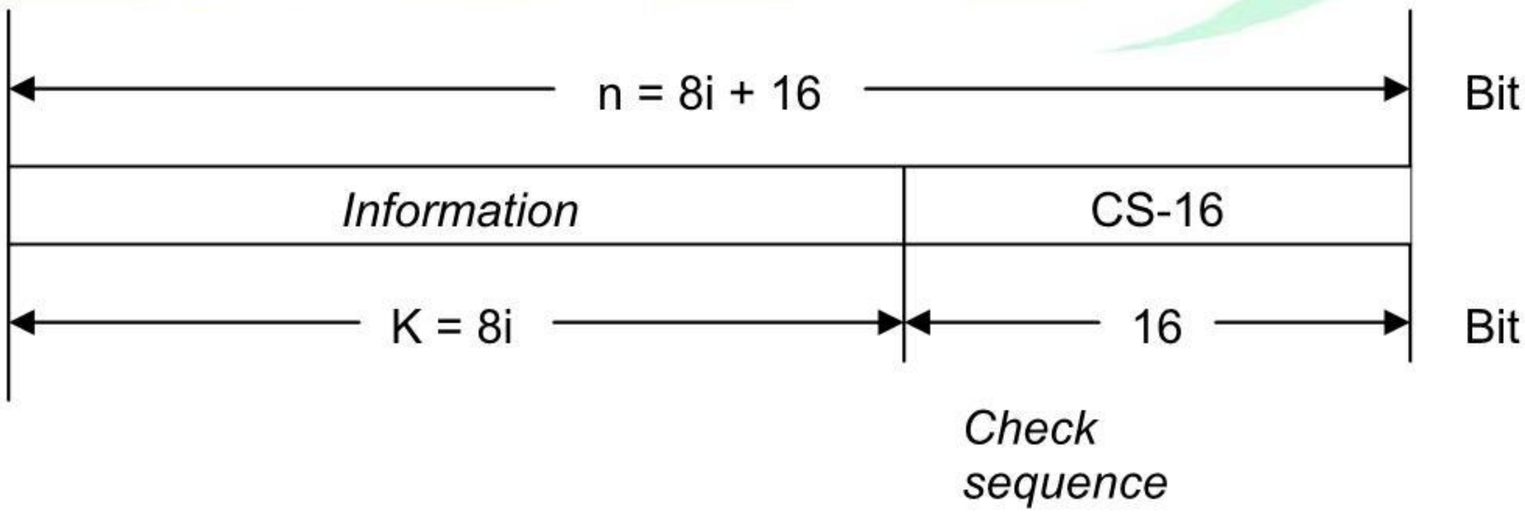
B.3.3 Pengukuran efisiensi transmisi *frame*

dari sebuah *frame*, disusun dari 8 bit *start character* dan $i \leq 15$ oktet data pengguna:

$$EFF(FT2) = \frac{i}{i+2}\, q^{8(i+2)}$$

Gambar B.2 memperlihatkan efisiensi transmisi *frame* untuk i = 1 oktet data dan untuk i = 15 oktet data.

B.4 Format klas FT3



- (8i + 16, 8i) - Kode, i = 1, 2, 3, … 16
- Jarak Hamming d = 6
- Generator polinomial $X^{16} + X^{13} + X^{12} + X^{11} + X^{10} + X^8 + X^6 + X^5 + X^2 + 1$
- Inversi dari 16 bit *check*.

B.4.1 Motivasi

- Format untuk meningkatkan integritas data dalam sistem kontrol.
- Struktur *frame* cocok digunakan dengan data *link multidrop* sinkron standar.
- Polinomial yang telah ditetapkan menghasilkan sebuah kode BCH optimum dengan jarak Hamming d = 8 untuk panjang blok < 151 bit.

"Hak Cipta Badan Standardisasi Nasional, copy standar ini dibuat untuk penayangan di website Akses SNI dan tidak untuk dikomersilkan"

- Polinomial yang telah ditetapkan tersebut dipilih dari sebuah kumpulan 8199 polinomial, sehingga jumlah bit *error* yang tidak terdeteksi dengan 6 *error* bit akan diminimalkan untuk memperpendek panjang blok yang berisi lebih dari 3 oktet data pengguna.
- Inversi dari *check* bit meningkatkan ketahanan terhadap *error sync slip*, dan memberikan bobot minimum 3 dan paling tidak satu bit transisi setiap blok.

8.4.2 Pengukuran integritas data

Perkiraan jumlah pola *error* bit yang tidak dapat dideteksi yang mengandung *error* bit e dalam blok dengan panjang n = 8i, i = 3, 4, 5 … 18 adalah:

$$A(FT3)_{n,e} \approx 2^{-15} \binom{n}{e}, \qquad e = 6, 8, \ldots$$

Probabilitas dari *error* sisa adalah:

$$R(FT3)_n \approx \sum_e A(FT3)_{n,e}\, p^e q^{n-e}$$

Format klas FT3 memenuhi kebutuhan integritas data klas I2 (lihat gambar B.1). Perluasan *frame* sebuah kode blok dengan 16 bit *start character* yang dispesifikasikan untuk sistem transmisi PCM diukur oleh perkalian dengan faktor q^{16}: $R'(FT3)_n = R(FT3)_n\, q^{16}$.

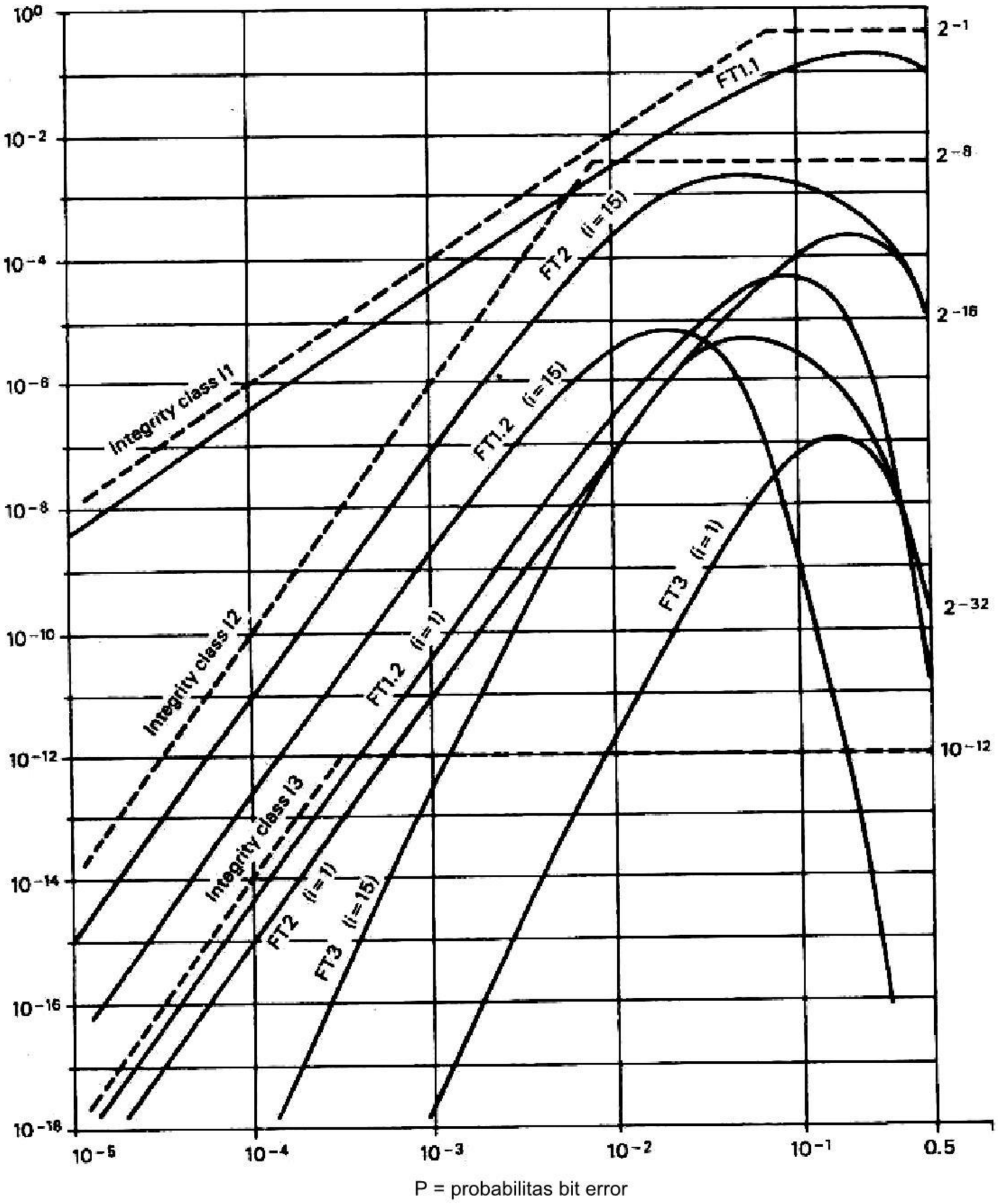
Gambar B.1 memperlihatkan karakteristik *error* sisa untuk *frame* dengan 1 oktet data pengguna (FT3, i = 1) dan untuk *frame* dengan 15 oktet data pengguna (FT3, i = 15).

8.4.3 Pengukuran efisiensi transmisi *frame* dari sebuah *frame*, disusun dari satu *start character* 16 bit dan i ≤ 16 oktet data pengguna.

$$EFF(FT3) = \frac{i}{i+4}\, q^{8(i+4)}$$

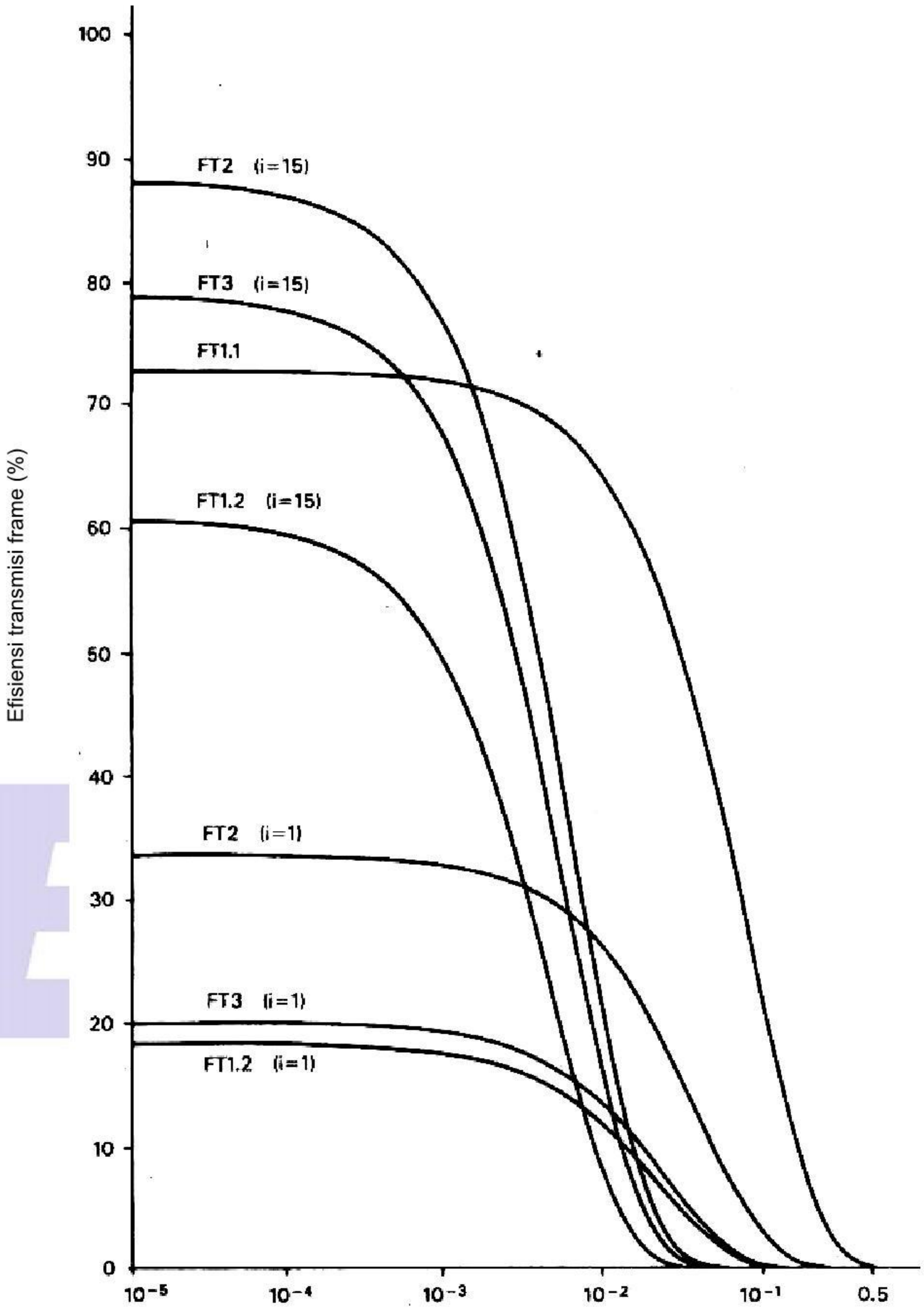
Gambar B.2 memperlihatkan efisiensi transmisi *frame* untuk i = 1 oktet data pengguna dan untuk i = 15 oktet data pengguna.

"Hak Cipta Badan Standardisasi Nasional, copy standar ini dibuat untuk penayangan di website Akses SNI dan tidak untuk dikomersilkan"



Gambar B.1 *Error* sisa dari format klas FT1.1, FT1.2, FT2 dan FT3
i adalah jumlah oktet informasi per kode blok

"Hak Cipta Badan Standardisasi Nasional, copy standar ini dibuat untuk penayangan di website Akses SNI dan tidak untuk dikomersilkan"



Gambar B.2 Efisiensi transmisi *frame* dari format klas FT1.1, FT1.2, FT2 dan FT3
i adalah jumlah oktet informasi per kode blok

"Hak Cipta Badan Standardisasi Nasional, copy standar ini dibuat untuk penayangan di website Akses SNI dan tidak untuk dikomersilkan"

“Hak Cipta Badan Standardisasi Nasional, copy standar ini dibuat untuk penayangan di website Akses SNI dan tidak untuk dikomersilkan"

“Hak Cipta Badan Standardisasi Nasional, copy standar ini dibuat untuk penayangan di website Akses SNI dan tidak untuk dikomersilkan"

“Hak Cipta Badan Standardisasi Nasional, copy standar ini dibuat untuk penayangan di website Akses SNI dan tidak untuk dikomersilkan"

“Hak Cipta Badan Standardisasi Nasional, copy standar ini dibuat untuk penayangan di website Akses SNI dan tidak untuk dikomersilkan"

"Hak Cipta Badan Standardisasi Nasional, copy standar ini dibuat untuk penayangan di website Akses SNI dan tidak untuk dikomersilkan"

BADAN STANDARDISASI NASIONAL - BSN
Gedung Manggala Wanabakti Blok IV Lt. 3-4
Jl. Jend. Gatot Subroto, Senayan Jakarta 10270
Telp: 021- 574 7043; Faks: 021- 5747045; e-mail : bsn@bsn.or.id